

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ОТДЕЛЕНИЕ НАУК О ЗЕМЛЕ
Институт проблем нефти и газа РАН
Геологический Институт РАН
Всероссийский научно-исследовательский геологический институт
Совет по наукам о Земле РАН
Научный совет по проблемам геологии и разработки месторождений
нефти и газа РАН

ДЕГАЗАЦИЯ ЗЕМЛИ: ГЕОТЕКТОНИКА, ГЕОДИНАМИКА, ГЕОФЛЮИДЫ; НЕФТЬ И ГАЗ; УГЛЕВОДОРОДЫ И ЖИЗНЬ

Материалы Всероссийской конференции
с международным участием,
посвященной 100-летию со дня рождения
академика П.Н. Кропоткина,
18-22 октября 2010 года, г. Москва.

Ответственные редакторы:
академик А.Н. Дмитриевский
доктор геол.-мин. наук Б.М. Валяев

Москва
ГЕОС
2010

ББК
Д 88
УДК 567.5(47+57)
ISBN

Дегазация Земли: геотектоника, геодинамика, геофлюиды; нефть и газ; углеводороды и жизнь. Материалы Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 100-летию со дня рождения академика П.Н. Кропоткина, 18–22 октября 2010 г. – М.: ГЕОС, 2010. – 712 с.

Сборник содержит материалы докладов, представленных на Всероссийскую конференцию с международным участием «Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды; нефть и газ; углеводороды и жизнь» посвященную 100-летию со дня рождения академика П.Н. Кропоткина, октябрь 2010 г. В представленных докладах изложены результаты обширного спектра исследований последних лет по проблеме дегазации Земли. На юбилейной, седьмой конференции по этой проблеме в ее «эпицентре» оказались идеи П.Н. Кропоткина, связанные с углеводородной ветвью дегазации Земли и ролью тектонических факторов в процессах нефтегазонакопления, с участием углеводородов в возникновении жизни на Земле. Эти фундаментальные идеи базируются на результатах петрологических и геохимических исследований, связанных с глобальными аспектами дегазации Земли, охватывая геофлюидодинамические аспекты энергетики и механизмов процессов глубинной дегазации, флюидогеохимические аспекты формирования глубинных восстановленных систем, роль глубинных флюидов в процессах нефтегазообразования и нефтегазонакопления. Новые разработки охватывают и практические приложения, связанные с оценкой углеводородных ресурсов и перспектив нефтегазоносности, прогнозом и стратегией проведения нефтегазопоисковых работ.

Ответственные редакторы:

академик *А.Н. Дмитриевский*, доктор геол.-мин. наук *Б.М. Валяев*

Degassing of the Earth: Geotectonics, Geodynamics, Geofluids; Oil and Gas; Hydrocarbons and Life. Proceedings of the All-Russian with International Participation Conference, devoted the centenary of Academician P.N. Kropotkin, October 18–22, 2010, Moscow. — Moscow: GEOS, 2010. – 712 p.

The volume includes the collection of brief papers, presented at the 7th Conference on the Problem “Degassing of the Earth”, devoted the centenary of Academician P.N. Kropotkin. The results of a wide range of the latest investigations, on different aspects of the problem “Degassing of the Earth” are presented in these publications. Kropotkin’s ideas about the hydrocarbon branch of the Earth degassing and about the role of the tectonic factors in the processes of oil and gas accumulation and about the hydrocarbon participation in the emergence of the life on the Earth appeared to be in the centre of this conference. These fundamental ideas are based on the results of petrological and geochemical investigations related with the global aspects of the Earth degassing. These ideas also include the geofluid dynamic aspects of energetics and the mechanisms of the processes of deep degassing, fluid geochemical aspect of the formation of the deep reduced systems, the role of deep fluids in the processes of oil and gas generation and accumulation. New practical aspects are related with the estimations of the hydrocarbon resources. The renovation of the strategy of the exploration of hydrocarbon accumulations are contained in the papers of this conference.

© Коллектив авторов, 2010
© ИПНГ РАН, 2010
© ГЕОС, 2010

УГЛЕВОДОРОДНАЯ ДЕГАЗАЦИЯ ЗЕМЛИ И ГЕНЕЗИС НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ: РАЗВИТИЕ ИДЕЙ П.Н. КРОПОТКИНА

А.Н. Дмитриевский, Б.М. Валяев

ИПНГ РАН, 119991 Москва, ул. Губкина, д. 3, e-mail: valyb@mail.ru

Юбилейная, посвященная 100-летию со дня рождения академика П.Н. Кропоткина, конференция по проблеме «Дегазация Земли» сконцентрирована, в основном, на обсуждении новых результатов исследований, связанных с глубинной углеводородной дегазацией и тектоническим контролем процессов нефтегазонакопления. В этих исследованиях прослеживается разработка основополагающих идей, выдвинутых П.Н. Кропоткиным в двух статьях, опубликованных в 1955 г. [1, 2]. П.Н. Кропоткин был инициатором и организатором первых трех конференций по проблеме «Дегазация Земли и геотектоника» [3, 4, 5], которые определили спектр тематик (проблематик), вовлеченных в разработку по этой проблеме. На последующих трех конференциях [6, 7, 8] проблематика, связанная с рассмотрением эндогенных факторов (геодинамика, геофлюиды) в процессах нефтегазообразования и нефтегазонакопления становилась все более преобладающей. Эта тенденция прослеживается и в материалах, поступивших на юбилейную, седьмую конференцию по проблеме «Дегазация Земли: геотектоника, геодинамика, геофлюиды; нефть и газ; углеводороды и жизнь».

Представленные на конференцию материалы докладов относятся к трем основным направлениям. Первое охватывает глобальные геодинамические, петрологические и геохимические аспекты дегазации Земли, природу глубинных восстановленных флюидов, с акцентом на углеводородную ветвь дегазации. Важная роль в энергетике геодинамических (глобальных тектонических) процессов отводится водороду; он же играет и основную роль в процессах образования восстановленных флюидов и в их составе. При анализе неравномерностей процессов дегазации, контролирующих процессы нефтегазонакопления, рассматривается и роль планетарно-космических (глобальных) факторов (природа плюмов, суперплюмов и др.).

Тектонический контроль и механизмы процессов глубинной дегазации – вторжения флюидов в верхние оболочки Земли составляют основу второго направления исследований по глубинной дегазации. К этому направлению относятся материалы докладов по взаимосвязи процессов дегазации и флюидизации с изменениями напряженного состояния и деформациями пород, с формированием каналов дегазации и флюидизированных очагов, с динамикой сейсмических процессов. Материалы по анализу природы и закономерностей проявления АВПД, а также касающиеся «труб дегазации», основополагающие идеи по которым были сформулированы П.Н. Кропоткиным, в равной степени относятся и ко второму и к третьему направлению.

Большая часть материалов докладов, поступивших на конференцию, относится к третьему направлению, охватывающему проблематику процессов нефтегазонакопления в связи с углеводородной ветвью дегазации Земли. Как и во втором направлении, в третьем особое место занимают результаты исследований, связанные с тектоническим контролем распространения скоплений углеводородов.

В представленных материалах рассмотрены глубинные структуры, контролирующие неравномерности их глобального распространения. Каналы вторжения углеводородных флюидов, с которыми связано формирование нефтегазовых месторождений, ассоциируются с дизъюнктивными структурами разных типов, включая инъекционные, зоны срывов, сдвигов и надвигов. Степень изученности этих структур и каналов значительно возросла в связи не только с высокой разбуренностью и использованием более совершенных геофизических методов, включая высокоразрешающую сейсмику при разработке месторождений. В результате, выявление каналов миграции углеводородов может быть использовано не только при поисках, но и для оптимизации разработки нефтегазовых месторождений.

В аргументации глубинной природы углеводородов П.Н. Кропоткин использовал и развивал построения академика А.И. Опарина по возникновению примитивных форм жизни на Земле на основе углеводородов, входящих в состав продуктов дегазации по своего рода формуле «жизнь из нефти». Теперь эта аргументация дополняется тем, что и формирование так называемых «нефтематеринских» комплексов осадочных пород происходило при определяющем участии разгрузок и потоков глубинных углеводородов, начиная с седиментогенеза и кончая поздними стадиями катагенеза.

Глубинный характер природы нефти и газа в их скоплениях, аномалиях и разгрузках все еще вызывает дискуссию. Во многом это связано с трансформацией глубинных флюидов в процессах миграции и смешении продуктов глубинной дегазации с приповерхностными флюидами. В усложнение ситуации, связанной с использованием изотопно-геохимических данных и построений, вносит свой «вклад» и рециклинг. Возврат корового вещества в мантию создает трудности при использовании изотопных критериев в генетических построениях.

Материалы, представленные к обсуждению на этой конференции, вносят большой вклад в разработку сложной фундаментальной междисциплинарной проблемы глубинной дегазации. Возможности практического использования результатов исследований по этой проблеме возрастают. Не случайно в последние годы проявляется все большая заинтересованность зарубежных исследователей к проблеме глубинного генезиса углеводородов. Дискуссионные симпозиумы по этой проблематике состоялись в рамках самых представительных форумов: Американской Ассоциации геологов нефтяников (AAPG, 2005, 2007 гг.), Международного геологического конгресса (MGK, 2008 г.), Европейского союза наук о Земле (EGU, 2009 г.), Голдшмитовской геохимической конференции (2010 г.).

Как и прошедшие, предстоящая седьмая конференция позволит подвести итоги состояния исследований и наметить перспективы дальнейших исследований по актуальнейшей проблеме глубинной углеводородной дегазации, практическое значение которой выходит далеко за рамки нефтегазовой геологии.

Литература

1. Кропоткин П.Н. Проблемы происхождения нефти // Советская геология, сборник 47. 1955. С. 104-125.
2. Кропоткин П.Н. Происхождение углеводородов земной коры // Материалы дискуссии по проблеме происхождения и миграции нефти. Киев: Изд-во АН УССР, 1955. С. 94-125.
3. Дегазация Земли и геотектоника. Тезисы докладов симпозиума, апрель 1976 г. М.: Наука, 1976. 90 с.

4. Дегазация Земли и геотектоника. Тезисы докладов II Всесоюзного совещания. Москва, февраль 1985 г. М.: Наука, 1985. 200 с.
5. Дегазация Земли и геотектоника. Тезисы докладов III Всесоюзного совещания. Москва, апрель 1991 г. М.: Наука, 1991. 262 с.
6. Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть и газ. Материалы Международной конференции памяти академика П.Н. Кропоткин, 20-24 мая 2002 года, г. Москва. М.: ГЕОС, 2002, 472 с.
7. Дегазация Земли: геофлюиды, нефть и газ, парагенезы в системе горючих ископаемых. Тезисы Международной конференции, Москва, 30-31 мая – 1 июня 2006. М.: ГЕОС, 2006. 320 с.
8. Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть, газ и их парагенезы. Материалы Всероссийской конференции, 22-25 апреля 2008 г. М.: ГЕОС, 2008. 622 с.
9. *Кропоткин П.Н.* Геологические условия возникновения жизни на Земле и проблема происхождения нефти // Возникновение жизни на Земле. М.: Изд-во АН СССР, 1959. С. 88-98.

ФОРМИРОВАНИЕ ЭНЕРГОАКТИВНЫХ И ФЛЮИДОНАСЫЩЕННЫХ ЗОН ЗЕМЛИ

А.Н. Дмитриевский

Эндогенные энергетические потоки приводят к формированию зон с избыточной энергией. В процессе эволюции происходит структурирование энергетического потенциала Земли, то есть пространственно-временные формы её энергетики состоят из различных элементарных звеньев: каналов, потоков энергии, очагов и энергоактивных зон. Энергоактивные зоны Земли (ЭАЗ) формируются в результате взаимодействия геологической среды с потоками энергии и физическими полями различной природы. Это обусловлено спецификой локальной неоднородности её вещественного состава, когда среда состоит из определённых структурных форм, природных микрогенераторов, микроосцилляторов, микрорезонаторов, характеристики которых определяют спектр поглощения и излучения энергии этой средой. В этих зонах происходит аномальное поглощение энергии физических полей, диссипация энергии из этих зон в виде различных излучений, эмиссии, а также преобразования энергии внутри зоны, приводящие к автоволновой и автосолитонной динамике, нелинейной флюидодинамике и т. д.

Геологические объекты – это открытые системы, развитие которых определяется глобальными процессами энергетики, дегазации и динамики Земли. Они представляют собой сложные системы, состоящие из многочисленных подсистем и элементов. Строение геологических систем определяется различными природными факторами, что отражается в структуре системы. Подсистемы и элементы единой целостной природной системы по-разному реагируют на одно и то же энергетическое воздействие. Одни из них аккумулируют энергию, другие реагируют изменением структуры и параметров, третьи, имеющие высокие барьерные свойства (низкую чувствительность), пропускают энергию, не задерживая и не изменяя ее. Все эти подсистемы и элементы единой целостной природной системы находятся в постоянном развитии. Под воздействием меняющегося во време-

ни эндогенного энергетического потока формируются пространственно-временные диссипативные структуры. Следовательно, каждая подсистема и элементы имеют свои энергетические параметры, меняющиеся во времени. Отсюда следует важный вывод, что геосистема в целом формирует некое обобщённое энергетическое поле, или автоволновое поле; которое самоорганизуется за счет элементарных энергетических полей подсистем и элементов сложно построенного неоднородного, но единого целостного геологического тела. Автоволновое поле отражает состояние системы физических полей данного геологического тела. Оно саморегулируется и саморазвивается под влиянием постоянно меняющегося во времени энергетического потока.

При флюидизации диссипативной гетерогенной геосистемы формируются конкурирующие энергетические и флюидные неравновесные, неустойчивые структуры, активность которых контролируется автоволновым полем.

Энергетическая и флюидная подпитка вызывает увеличение неравновесности и неустойчивости системы. Рост неустойчивости приводит к формированию флуктуации, которые при увеличении энергетического и флюидного воздействия преобразуются в автосолитоны. «Компромисс» между энергией, флюидом и структурой среды приводит к формированию статических и динамических автосолитонов. Последующая энергетическая и флюидная накачка переводит уединённые состояния автосолитонного типа в новое структурное флюидно-энергетическое состояние. Реализация процессов флюидизации имеет свою специфику в каждой из подсистем и элементов сложной неоднородной геологической системы. Таким образом, автосолитоны – это диссипативные неравновесные структуры, образованные в результате конфликта энергетических и флюидодинамических процессов.

По-иному процессы флюидизации происходят в однородной геосистеме. В результате постоянного энергетического воздействия в нелинейных диссипативных однородных по строению геологических системах (подсистемах, элементах) формируются коллективные явления, что способствует их переводу в когерентное состояние. Когерентное состояние формирует энергетическую структуру геосистемы, которая препятствует флюидизации системы. Флюид стремится разрушить энергетическую когерентную структуру и увеличить флюидонасыщенность системы, а энергия, накопленная в геосистеме, препятствует реализации этого процесса. Флюидизация приводит к появлению флюидизированных очагов и росту неоднородности в геосистеме. Формирование неоднородностей в конечном счёте разрушает когерентную среду геосистемы, чем обеспечивается полная флюидизация геологического тела.

УГЛЕВОДОРОДНАЯ ВЕТВЬ ГЛУБИННОЙ ДЕГАЗАЦИИ

Ф.А. Летников

Институт земной коры Сибирского отделения Российской академии наук; Иркутск, letnikov@crust.irk.ru

It is given the estimation of deep independent high carbon hydrogen systems, as probable sources of formation congestions of hydrocarbons in zones of the deep faults playing a role of fluid conductors.

Проблема эндогенного генезиса скоплений углеводородов (нефть и газ) в верхних частях земной коры прежде всего основывается на ряде очевидных постулатов.

1) Прежде всего это очевидный синергетический эффект взаимодействия и концентрирования в определенных физико-химических условиях двух главных элементов – углерода и водорода. Исходя из развиваемых нами представлений о глобальных и автономных эндогенных флюидных системах континентальной литосферы, это специфические углерод-водородные автономные мантийные флюидные системы (Летников, 2009). И в равной мере, как такие глубинные системы зарождаются в литосферных блоках разной степени зрелости, в такой же мере они маркируются и набором сопутствующих элементов, характерных для отдельных нефтегазоносных провинций. Автономные восстановленные средне- и низкотемпературные флюидные системы с одной стороны тесно ассоциируют с высокоуглеродистыми восстановленными флюидными системами зон глубинных разломов в зрелой континентальной литосфере, а с другой – с восстановленными водородно-сернистыми, на базе которых формировались скопления сульфидов и благородные металлы: золото, серебро, платина и другие платиноиды. В природных условиях, в зонах глубинных разломов они иногда образуют смешанные минерально-геохимические типы, когда в высокоуглеродистых тектонитах и метасоматитах присутствуют в значительных концентрациях самородные элементы и сульфиды, для отложения которых нужен восстановленный флюидный режим. С другой стороны, в скоплениях сульфидов и благородных металлов зачастую устанавливаются самородные формы углерода. Но в любых случаях, формирование скоплений углеводородов происходит на базе глубинных восстановленных систем, в которых на паритетных началах в особых физико-химических условиях возникают и эволюционируют специфические восстановленные водородно-углеродные системы.

2) Парадоксальность ситуации прежде всего заключается в том, что в природных условиях восстановленные углеводородные системы возникают и обособляются в сугубо кислородной среде, ибо горные породы и слагающие их минералы по объему на 70–80 % состоят из кислорода. Подобная парадоксальная ситуация заключается в том, что сугубо восстановленные условия, которые определяет водород, метан и его производные, самородные формы углерода и CO, H₂S и особенно восстановленные формы азота, роль которого до сих пор в этом плане многими исследователями не учитывалась. Как известно, для многих петрогенных элементов, и в первую очередь алюминия, кремния, кальция, магния, железа и щелочей, средство их к кислороду в оксидах и силикатах в P-T условиях верхних частей земной коры значительно выше, чем у этих элементов к водороду и

углероду, но подчеркнем, что главную роль в формировании восстановленных углерод-водородных эндогенных систем играет водород. В пользу такого вывода говорят многочисленные факты, полученные нами (Летников, 2009), при изучении эндогенных высокоуглеродистых систем в пределах зон глубинных разломов, где в качестве главного геохимического маркера выступают различные формы самородного углерода. Это графит и тонкодисперсный алмаз месторождения Кумды-Куль (Сев. Казахстан), графит в породах внутриразломного пространства зоны Черно-рудско-Баракчинского разлома, графит в тектонитах, в метасоматитах, пегматитах Главного Саянского разлома, скопления графита в щелочных породах Ботогольского массива (Вост. Саян), тонкодисперсного рентгеноаморфного углерода в зоне Осипо-Китойского глубинного разлома, рентгеноаморфного углерода в метасоматитах Восточного глубинного разлома на Кокчетавской глыбе (Сев. Казахстан). Число таких примеров можно увеличить и все они однозначно указывают на обширный флюидный перенос углерода в составе специфических восстановленных глубинных автономных высокоуглеродистых систем.

3) Необходимо выделять две ситуации взаимодействия глубинных восстановленных высокоуглеродистых флюидных систем с породами литосферы. Судя по геологическим данным в высокотемпературных условиях, когда T высокоуглеродистого флюида близка к T солидуса щелочных пород ($>750-850$ °C), они активно взаимодействуют с алюмосиликатной матрицей, в результате чего окисляются, и за счет извлекаемого из породы кислорода образуются карбонатитовые расплавы и метасоматические карбонатиты.

В более низкотемпературных условиях, ниже $500-600$ °C, процесс взаимодействия высокоуглеродистых восстановленных флюидов с горными породами затухает. В пользу такого вывода является сопоставление составов по 22 редким и рассеянным элементам карбонатитов Дубровского массива и графит-алмазных концентратов месторождения Кумды-Куль, залегающих в пределах глубинного Чаглинского разлома на расстоянии ~ 25 км друг от друга, и сформировавшихся в близко временном интервале (Летников, Заячковский, 2010). Судя по анализам, спектры 22 элементов в обоих типах пород оказались идентичными, когда одни из них превалировали в карбонатитах, а в других в графит-алмазном концентрате.

Необходимо подчеркнуть, что по мере снижения T флюида ниже $300-250$ °C степень неравновесия высокоуглеродистого восстановленного флюида с силикатными горными породами нарастает, что знаменуется расширением объемов углеродистого метасоматоза и сменой восстановленных форм углерода на окисленные, иными словами сменой самородных форм углерода карбонатами.

4) Следует подчеркнуть, многократно отмечаемую многими исследователями низкую химическую активность взаимодействия жидких и газообразных углеводородов с вмещающими их горными породами, и этот вопрос еще требует своего решения. Возможно, это определяется наличием во вмещающих осадочных горных породах органических остатков, частично буферизирующих автономные углерод-водородные системы от окисления. В целом это один из самых острых вопросов нефтидогенеза и он требует всестороннего анализа. Но однозначно одно – необходимо выделять эндогенные высокоуглеродистые водородные и углерод-водородные системы, когда образование углеводородов смещается в самую низкотемпературную область.

Исследования выполнены при поддержке РФФИ (гранты № 08-05-00182-а и № 09-12004-офи_м и программы поддержки ведущих научных школ НШ-7422.2010.5).

Литература

Летников Ф.А. Автономные флюидные системы континентальной литосферы // ДАН. 2009. Т. 427, № 6. С. 94-97.

Летников Ф.А., Заячковский А.А., Летникова А.Ф. К вопросу о геохимической специализации глубинных высокоуглеродистых систем // ДАН. 2010. Т. 433, № 3. С. 1-4.

КОНЦЕПЦИЯ ПЕРМАНЕНТНОГО НЕФТЕГАЗООБРАЗОВАНИЯ

В.И. Авилов, С.Д. Авилова

Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва

Истощение запасов «дешевых» нефтей заставляет менять стратегию нефтегазовой отрасли. В число ключевых задач выдвигается восполнение запасов УВ. Представление о происхождении углеводородов может оказаться весомым в её решении. Авторы выдвигают в число главных представление о том, что именно экосистемные взаимодействия наиболее рельефно высвечивают свойства и качества изучаемых явлений и объектов [1]. Экосистемный подход предполагает рассматривать отдельные стороны процессов образования, скопления и преобразования углеводородов (УВ) в экосистемах, то есть во взаимодействии с внешней средой (вмещающими породами, энергетическими, информационными полями и другое).

Все известные гипотезы и концепции нефтегазообразования объединяем в информационную систему, характеризующую сложное природное явление – происхождение УВ. Применив разработанный в аквагеоэкологии экосистемный анализ, авторы выделяют существенные признаки и косвенные показатели проявления жизни в экосистеме и предлагают следующую генеральную схему образования УВ.

Исходный материал – необходимые биологически активные вещества (БАВ), поставляются в очаг генерации УВ из недр Земли, что предложено магматической концепцией, выдвинутой в начале прошлого века. Магматические газовые компоненты (с преобладанием H_2 и CO_2 – исходные БАВ) в виде концентрированных газовых потоков поступают в благоприятную локальную экосистему (она может быть на всех этажах осадочной толщи и глубже в зонах с высокими температурой и давлением), находящуюся под достаточно мощным воздействием энергетических полей, и по технологии природной памяти запускают процесс генерации УВ. Аккумуляция углеводородов приводит к появлению залежей нефти и газа.

В эту общую схему вводим важные новые логические связи. В свете современных сведений о глубинном происхождении нефти более категорично заявляем о доминировании магматического источника исходного вещества для образования УВ. Вводим также понятие благоприятной локальной экосистемы для нефтегазообразования, которая может возникать случайным образом (во време-

ни, при меняющихся геотектонических обстановках) в различных точках литосферы. Утверждаем о наличии повсеместно информационной формы существования живой материи [1], несущей в себе технологию (способ) генерации УВ путем упорядочения исходных БАВ. Воздействие информации в экосистеме тут же запускает технологию при возникновении благоприятной ситуации.

Генеральная схема содержит некоторые узловые моменты, требующие объяснения. Узким местом остается технология генерации УВ (нафтотехнология). Она нам до конца не известна, но с высокой степенью вероятности можем судить о её главных свойствах. Природа имеет в своем распоряжении автономный способ образования УВ, для чего использует весь арсенал необходимых средств. Суть нафтотехнологии заключена в упорядочении элементного состава исходного вещества (БАВ) до уровня высокой структурной организации углеводородов.

Детали процесса по понятной причине находятся за пределами видимости и сконструированы исследователями в виде гипотез и концепций. Абиогенная концепция предлагает разнообразные направления и варианты неорганического синтеза УВ. Известна реакция Фишера-Тропша по синтезу УВ из водорода и окислов углерода при температурах 150–300 °С на катализаторах. На экспериментальных данных разработана концепция геокатализа в неравновесных системах, где совершаются превращения углеродсодержащих молекул с образованием нефтегазовых УВ. Гипотезы минеральной концепции ограничиваются описанием достигаемой упорядоченности в основном на молекулярном уровне, от которого до вещественного уровня структурной организации (самой нефти как вещества) предстоит сделать большой шаг.

Более продвинутые результаты дает органическая теория нефтегазообразования. Высочайший уровень упорядоченности обеспечивает белковая (углеродная) форма жизни в виде активного живого вещества (микробиального сообщества). Споры вызывает вопрос о том, как его доставить в зону нефтегазообразования. Ответ предлагает концепция хемолитоавтотрофного цикла образования УВ, разработанная авторами [2 и др.]. На первом этапе нафтотехнология обеспечивает, при благоприятном стечении обстоятельств, зарождение и развитие сообщества микроорганизмов преимущественно с хемолитоавтотрофным типом обмена веществ в такой благоприятной экосистеме. Эти микроорганизмы способны использовать неорганические доноры электронов (прежде всего, водород) и получать почти весь углерод путем фиксации CO_2 . Зарождение белковой жизни происходит по программе, заложенной, например, в микробиальном геноме, распространенном в породе в иммобилизованном, пассивном состоянии. Но вероятнее всего программа присутствует в информационной форме жизни в виде некоей матрицы или сгустка энергии и др. [1]. Ведь не зря, в опытах по моделированию происхождения жизни часто применяют сильный энергетический импульс – ударное воздействие, импульсный разряд в газовой фазе, действие энергии открытого космоса и т.п.

На последующих этапах нафтотехнологии, в результате своей жизнедеятельности хемолитоавтотрофы создают активное живое вещество, производят УВ (как минимум – метан) и воду, их останки обогащают биополимерами материнскую породу, давая начало процессам флюидизации, по флюидодинамической концепции. Процесс отличают характерные черты. Цикличность связана с функционированием микробиального сообщества и его зависимостью, как неравновесной системы, от геоэкологического состояния внешней среды [3]. Процесс со-

проводятся двумя встречно направленными конструктивным и деструктивным действиями по упорядочению УВ, что свойственно природе в целом. В результате непосредственно в очаге генерации может достигаться структурная организация УВ не только на молекулярном, но и на вещественном уровне – образуется микронефть.

Исходя из экосистемного анализа, доминирующую роль в образовании УВ отводим хемолитоавтотрофной концепции. В её пользу свидетельствует отмеченная выше корреляционная связь основного состава УВ нефтей и активного живого вещества. Подтверждает данный тезис природный эксперимент в жестких термобарических условиях. В вулканах (природной лаборатории) не течет неорганическая нефть или бензин, но процветают микроорганизмы – термофилы. Подобный вывод приносят наблюдения в глубинных подводных гидротермах, черных курильщиках. Соответственно хемолитоавтотрофы, а они отнесены к термофилам, воспринимают условия в глубинах литосферы, до «вулканических» температур порядка 250–300 °С, как благоприятные.

Если в лабораторных экспериментах повышенное давление замедляет процессы неорганического геокатализа, то для микроорганизмов оно не является помехой. Так, в живых клетках ростков растений развивается давление в сотни атмосфер, что помогает пробиться к свету даже через асфальт. Аномально высокое давление создают микробы на километровых глубинах, отвоевывая себе жизненное пространство в грунте и одновременно разуплотняя породу. При этом они заполняют пространство произведенной водой, биополимерами, нефтяными и газовыми УВ, создавая локальную экосистему с УВ-растворами. В экосистеме происходит внутреннее взаимодействие, формирующее состав УВ-растворов, и внешнее воздействие на породу, определяющее параметры первичной миграции.

Главным двигателем внешнего воздействия выделяем избыточное давление внутри экосистемы. Оно порождает рассеянные потоки флюидов во внешнюю среду, запуская процесс первичной миграции. Авторы разработали концепцию концентрирования этих рассеянных потоков в свободную форму, то есть консолидацию компонентов из их рассеянных потоков в виде скопления внутри слоя породы [4 и др.]. Под избыточным давлением флюиды, распространяясь по породе, образуют в ней, как показали эксперименты, пузырьки, капли, каверны, заполненные компонентом, которые либо создают новые рассеянные потоки, либо прорываются к разуплотнениям в виде трещин, включаясь в процессы вторичной миграции. Каверны схлопываются, затем наполняются и опять схлопываются, то есть работают как циклический перекачивающий насос. Дальнейшая консолидация нефтегазовых УВ в месторождения происходит по хорошо известным схемам нефтегазонакопления.

Предложенная хемолитоавтотрофная концепция объясняет с наибольшей достоверностью механизм образования УВ в недрах планеты. Она соединяет существенные положения двух – органической и минеральной теорий, многих концепций с позиции достижения высокой структурной организации углеводородных соединений в единое идентифицируемое вещественное образование – газ и нефть. Их уникальные свойства, проявляющиеся на стадии генерации, вписываются в концепцию существования различных форм живой материи.

Экосистемный подход наиболее эффективен в исследовании проблемы нефтегазообразования. Выявлены новые логические связи взаимодействий внутри генерирующей УВ экосистемы, экосистемный анализ приводит к выводу, что про-

цесс образования УВ перманентно протекает на Земле и других планетах. В благоприятных локальных экосистемах в глубинах осадочной толщи периодически зарождаются микробиальные виды белковой формы жизни, обеспечивающие упорядоченность БАВ в виде нефти и газа, их залежей. Нефть и газ представляют высоко структурно организованный вид вещественной формы живой материи. Появление нефти и газа в экосистемах относим к признакам зарождения и существования в них белковой формы жизни. Выполненные теоретические построения объяснили известные факты воспроизводства многих нефтегазовых месторождений, внося заметный вклад в решение задачи по восполнению запасов углеводородного сырья.

Литература

1. *Авилов В.И., Авилова С.Д.* Информационная система аквагеоэкологии. М.: Прима-Пресс, 2009. 142 с.
2. *Авилов В.И., Авилова С.Д.* Хемолитоавтотрофия в сфере проблем нефтегазосности акваторий // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. М.: ОАО «ВНИИОЭНГ», 2002. № 10. С. 7-9.
3. *Авилов В.И., Авилова С.Д.* Газобиогеохимические исследования в придонной среде акваторий // Доклады Академии Наук. М., 2009. Т. 427. № 6. С. 821-825.
4. *Авилов В.И., Авилова С.Д.* Экспериментальное исследование рассеянных потоков природных газов // Доклады Академии Наук. М., 1999. Т. 369. № 5. С. 664-666.

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ НЕФТЕГАЗОВОЙ НАУКИ

В.И. Авилов, С.Д. Авилова

Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва

Наука и производство, как звенья одной цепи человеческой деятельности, находятся в сложном соподчиненном состоянии и взаимодействии. В историческом аспекте научные разработки могут отставать или опережать время, чаще – попадать в точку и развивать промышленность. В нефтегазовой отрасли сложилось своеобразная ситуация. Современная нефтегазовая геология четко разделена на два научных направления. Одно занимается вопросами нефтегазонакопления, другое изучает проблемы нефтегазообразования. Но так было не всегда.

Всё последнее столетие в мире господствовала углеводородная экономика. Анализируя перспективы альтернативной энергетики, участники Форума «ТЭК России в XXI веке» декларировали, что нефть и газ будут доминировать и в ближайшие десятилетия [1]. Промышленное производство ставило и будет ставить перед наукой задачи обеспечения эффективной добычи углеводородного сырья, при этом в экономическом плане между обоими научными направлениями возникали заметные противоречия. Потоки денежных средств внутри нефтегазовых корпораций направлены в основном на разведку и разработку нефтяных и газовых месторождений, то есть на решение вопросов нефтегазонакопления. Эпоха

углеводородной экономики характеризуется невостребованностью научных разработок в области нефтегазообразования. Из-за труднодоступности объекта для экспериментальных работ исследования процессов нефтегазообразования носили теоретический характер, отставая от достижений другого, более прикладного направления. Кроме недофинансирования, тормозом прогресса теоретических изысканий служило отсутствие собственной надежной методологической основы. В главных чертах в нефтегазовой геологии использовали единый методологический подход – изучают геологическую, геофизическую, геохимическую функции литосферы методами таких геологических наук, как тектоника, стратиграфия, геофизика, геохимия и др. Собирают информацию о свойствах и характеристиках осадочной толщи, отдельных частей литосферы, входящих в состав геосистемы. Если в вопросах накопления углеводородов (УВ) он давал хорошие результаты, то при изучении происхождения УВ оказался малоэффективен.

Подобная ситуация почти полтора века наблюдалась в период развития теоретической составляющей нефтегазовой науки. Ровно столько происходило известное противоборство двух теорий органического и неорганического происхождения УВ. К достижениям этого периода следует отнести накопленный колоссальный фактический материал по косвенным признакам процесса генерации УВ. Но каждая из этих теорий в отдельности не смогла убедительно объяснить многие факты нефтегазопоявления в недрах, особенно в связи с эффектами дегазации Земли, что по современным меркам понижает их статус.

На смену приходит новый этап – период глубокого осмысления собранной информации. Побуждающим мотивом служит геологоразведочное производство, нацеленное на обеспечение добычи нефти и газа. Геологи-практики закладывали скважины на антиклинальных складках, стремясь вскрыть нефтегазоносные комплексы (коллектор, покрывку). Такая методика поисково-разведочных работ оказалась успешной при разработке верхнего этажа нефтегазоносности с глубинами до 3 км, где сосредоточено более 90 % всех открытых в мире запасов углеводородов. За последние 20 лет ситуация в отечественной нефтегазовой отрасли претерпела заметные изменения. Сократилось финансирование на геологоразведку и уж тем более – на научные изыскания, в то время как добыча углеводородного сырья только нарастала. Возникшие диспропорции выдвинули восполнение запасов УВ в одну из ключевых задач развития ТЭК России. В её решении важное место занимает освоение ресурсов углеводородного сырья на больших глубинах более 4,5 км, что относится к высокочувствительному и наукоемкому производству. Для этого наиболее эффективно наращивание знаний об особенностях процессов, происходящих в недрах Земли, путем квалифицированного научного сопровождения геологоразведочных работ. У геологов-теоретиков не только возникла возможность, но и назрела необходимость провести широкое обобщение накопленного фактического материала.

Начало этапа осмысления данных отмечено определенными успехами в области теории нефтегазообразования. Проблема генезиса нефти и газа рассматривается в разных аспектах. Выделим биогенную и абиогенную теории, а также поддерживающие и развивающие их концепции и гипотезы – флюидодинамическую, магматическую, космическую, синергетическую и другие. Считаем, что нет необходимости агрессивно доказывать правоту только одной концепции. Гораздо более продуктивно вникнуть в мотивации, понять логику теоретических построений, рассматривать каждую концепцию как раскрытие одной из граней сложно-

го природного явления – образования нефти и газа. С нашей точки зрения в каждой концепции есть рациональное зерно.

Стержнем объединительных исследований должен стать наметившийся синтез наук – геологии и экологии [2]. Авторы разработали это междисциплинарное научное направление, назвав его «жизнеземлезнание», и выделили в нём две ветви с отличающейся методологией – в одной «экогеологии» более эффективен геосистемный подход, в другой «геоэкологии» лучшие результаты приносит экосистемный подход [2]. По основным параметрам нефтегазообразование попадает в геоэкологическую ветвь, и его изучение проводим, применяя методы аквагеоэкологии [3, 4]. Все вместе концепции и гипотезы могут быть соединены в информационную систему по изучаемому явлению, насыщая её разноплановыми признаками [4].

Обоснованный нами экосистемный методологический подход направлен на учет всех известных научных фактов и событий, сопровождающих явление образования УВ, выделение среди них существенных признаков, исследование взаимосвязи прямых и косвенных показателей и установление причинно-следственных связей, раскрывающих его генезис. В совокупности все аспекты проблемы нефти и газа отнесены к компетенции жизнеземлезнания, но отдельные вопросы решаются более эффективным образом методами экосистемного анализа. Внимание научного сообщества к проблеме образования углеводородов приковано не только в связи с практической значимостью скопления УВ в виде месторождений нефти и газа, но и с уникальностью самого этого природного явления.

Принятая методология привела к созданию систем определения основных видов биологической активности для массивов химических соединений и формированию понятия «биологически активные вещества» (БАВ), которые принимают участие в природных явлениях и процессах. К БАВ обычно относят химические элементы и их соединения, в той или иной степени обладающие способностью воздействовать на живую материю. Разнообразным БАВ находят место в многочисленных концепциях, описывающих процессы образования углеводородов.

В экосистемах активность всех БАВ существенно различается и зависит от выполняемой функции. Доминантную роль играет биотическая составляющая экосистемы, в которой авторы выделили «активное живое вещество» и его показатели – содержание АТФ и связанная с ним характеристика: биомасса активных живых микроорганизмов [3]. Делаем очередной, логически обоснованный, следующий шаг – расширяем и углубляем понятие экосистема.

Подобие экологических функций элементов экосистемы, отдельных БАВ (они все оказывают друг на друга определенное воздействие) позволяет объединить их в одно понятие – «живая материя» как совокупность всех элементов экосистемы. Элементы разделяем по степени их активности или пассивности в экосистемных взаимодействиях, по способу влияния на процессы и уровню организации группируем по видам, формам и т.п. Тогда экосистему в пределах природного объекта определяем как совокупность элементов живой материи, выраженной в различных видах и формах, которые находятся между собой во взаимовлиянии и взаимодействии. Экосистемный анализ занимается изучением взаимодействий внутри экосистемы, выявлением участвующих в них видов и форм живой материи, определением степени их активности.

Проведенный экосистемный анализ раскрыл некоторые неординарные аспекты проблемы нефтегазообразования. Множественные БАВ принимают участие в

создании нефти и газа. Несмотря на вариабельность состава в широких пределах, нефть и газ обладают конкретными свойствами и формой, выделяющими их скопления в самостоятельный природный объект. С экосистемных позиций этот научный факт интерпретируем так – в природной экосистеме УВ представляют собой образование из многих БАВ с высоким уровнем структурной организации (упорядоченности). По этому существенному признаку относим природный газ и в ещё большей степени нефть к высокоорганизованному виду живой материи, её вещественной формы. В экосистеме такие структурные образования должны поддерживаться извне. Следует логичный вывод, что месторождения нефти и газа могут существовать только в условиях постоянной подпитки углеводородами и БАВ, то есть в реальном времени идет перманентное восполнение открытых и эксплуатируемых месторождений. Вопрос может стоять только о скоростях восполнения, и их соотношения с объемом добычи.

Месторождения УВ достаточно широко распространены на планете. Обследовано более 500 осадочных бассейнов, около 150 из них отнесены к промышленно нефтегазоносным и в каждом найдена отнюдь не одна залежь. Около миллиона скважин извлекают нефть и газ из земных недр. Можно говорить о тысячах однотипных природных объектах – скоплениях УВ, одновременно существующих на Земле. Это означает, что свойственный живой материи принцип подобия (воспроизводство себе подобных) функционирует при образовании УВ.

Залежи УВ похожи в разных точках поверхности Земли. Несмотря на известное многообразие состава нефтей, детальные геохимические исследования в нефтегазовой геологии на основе анализа баланса основных индивидуальных УВ нефти доказывают универсальность состава большинства нефтей, коррелирующего с морским органическим веществом (активным живым веществом). Это обстоятельство ещё с одной стороны указывает на единообразие скоплений УВ, что позволяет отнести принцип подобия к существенным информационным признакам проявления нефти и газа в экосистеме.

Принцип подобия подчеркивается космической гипотезой, зародившейся почти век тому назад. Она предполагала, в частности, присутствие нефти на многих космических объектах. Новейшие космические исследования укрепляют эту идею. Метан и его гомологи обнаружены космическими аппаратами в атмосфере планет, в составе космической пыли, метеоритов, комет. Так в атмосфере Титана, спутника планеты Сатурн, концентрация метана достигает 5%, предопределяя его автохтонный генезис – образование внутри экосистемы спутника. Следует обобщающий вывод, что образование углеводородов – одна из функций живой материи. Воспроизведение себе подобных скоплений УВ есть её неотъемлемое свойство. Механизм нефтегазообразования существует в самой природе, например, в виде технологического процесса.

Разнообразные виды энергетического воздействия авторы, согласно концепции наличия различных форм живой материи [4], относят к существенным признакам проявления космической (энергетической) формы жизни в экосистеме. Она активно участвует в круговороте жизни в природе, включаясь в общую схему взаимодействия с другими формами жизни. Для процесса нефтегазообразования важно, что энергия в концентрированном виде может переходить в вещественную и белковую формы жизни в экосистеме, давая старт генерации УВ. Не рассматривать и не учитывать её нельзя.

Экосистемный методологический подход к проблеме нефтегазообразования открывает хорошие перспективы в создании максимально приближенной к истине единой теории происхождения углеводородов, ликвидации отставания теоретической науки от практики в нефтегазовой отрасли ТЭК России.

Литература

1. *Авилов В.И., Авилова С.Д.* Прогресс теоретических разработок в нефтегазовой науке // Московский Международный энергетический Форум «ТЭК России в XXI веке». М.: 2010. URL. www.iprr.ru.

2. *Авилов В.И., Авилова С.Д.* Основные направления синтеза геологии с экологией // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. М., 2009. № 9. С. 24-29.

3. *Авилов В.И., Авилова С.Д.* Теоретические основы аквагеоэкологии. М.: ВИКТАН-полиграф, 2008. 120 с.

4. *Авилов В.И., Авилова С.Д.* Информационная система аквагеоэкологии. М.: Прима-Пресс, 2009. 142 с.

ОБ УРОВНЕ МЕРЗЛОТНО-ГИДРАТНОГО ФЛЮИДОУПОРА В ПРЕДЕЛАХ ПОГРЕБЕННОГО ЯКУТСКОГО ПОДНЯТИЯ

А.Р. Александров, И.И. Рожин, А.И. Сивцев, И.Ш. Сюдюков

Институт проблем нефти и газа СО РАН, г. Якутск

С позиций представлений о глубинной дегазации Земли и допущения эффективности экранов углеводородов мерзлотного генезиса в качестве полигонного объекта перспективного на нефть и газ была рассмотрена территория Якутского поднятия Сибирской платформы, где многолетнемерзлые породы имеют повсеместное распространение.

В тектоническом отношении Якутское погребенное поднятие вытянуто в широтном направлении. Длина поднятия составляет более 250 км, ширина изменяется от 80–90 км на западе, в районе г. Якутска, до 180–200 км в центральной и восточной частях. В поперечном профиле структура представляет собой крупное асимметричное поднятие с широким плоским сводом и значительно более крутым северным крылом. В наиболее поднятых частях фундамент залегает непосредственно под отложениями мезозоя на глубинах 550–700 м.

В настоящее время с позиций нефтегазоносности, по представлениям большинства исследователей, этот район не заслуживает особого внимания, ввиду отсутствия или незначительного присутствия нефтегазоматеринских и нефтегазопроизводящих отложений, а так же отсутствия традиционных покровышек (пласты соли и глины).

Так в пределах обнаженных участков Якутское поднятие характеризуется отсутствием венд-рифейских отложений, промышленная нефтегазоносность которых доказана на территории Якутии. На отдельных (присводовых) участках отсутствуют также или сокращены до нескольких сот метров и нижнепалеозойские от-

ложения (кембрийские), на которых несогласно залегают маломощные юрские отложения. Вследствие этого территория Якутского поднятия оценивается как бесперспективная или с крайне низкими перспективами. В целом же, непосредственно прилегающих к нему территориях толщины кембрия изменяются в относительно небольших пределах величин (примерно от 50 до 700 м), последовательно увеличиваясь в северо-восточных и восточных направлениях. Общее обоснование перспектив нефтегазоносности Якутского поднятия Сибирской платформы в свете глубинной дегазации Земли была доложена предыдущей конференцией [1].

В рамках исследования проведен обзор прямых признаков нефтегазоносности собрана информация по спонтанному и водорастворенному выходам газа в гидрогеологических скважинах, пробуренных в пределах рассматриваемой территории.

Наиболее ранние данные о газопроявлениях, связанных с колонковым бурением, проводившемся на Таттинском, Тандинском и Ытык-Кюельском участках, относятся к 1952–54 гг. Скважинами были вскрыты породы неогена и нижнего мела, а вблизи пос. Ытык-Кюель – верхней юры (Корчагин, 1955). Наиболее результативными по газу оказался при этом Тандинский профиль. В скважинах, расположенных вдоль русла р. Танды, притоки воды с растворенным газом фиксировались в скважинах № 148-к, 150-к (верховье реки), 153-к (у пос. Баарыйа-Томторо, среднее течение речки), № 162-к (устьевая часть). Данные анализов газа приводятся по скв. 150-к: в интервале 218,1–271,5 м в песчаниках неогена отобраны пробы воднорастворенных (дебит воды 1–18 л/мин) азотно-метановых и азотных газов с содержанием CH_4 (0,2–32,0 %), N_2 (63,3–18,1 %), CO_2 (0,08–8,0 %). В этом же интервале был получен слабый спонтанный (?) выход «бесцветного горючего газа» (Новицкий, 1965; Васильев и др., 1968) метанового состава с содержанием CH_4 – 11,12 %, тяжелых углеводородов – 3,604 %. Обращает внимание повышенные содержания пропана (1,8 %), бутана (1,8 %) и сравнительно небольшое количество этана (0,004 %). Количество азота и редких газов составляет 19,28 %. Возможно, этот газ – мигрант из более глубоких горизонтов.

Гидрогеологической скважине, в районе с. Борогонцы, заложенной в неструктурных условиях, при глубине 500 м. из отложений нижнего мела были получены притоки горючего газа с дебитом 2000–3000 м³/сут.

В 40–50 км к западу от Тандинского профиля, в районе поселков Борогонцы и Кептени, в нижнемеловых песках и песчаниках гидрогеологическими скважинами в 1981 г. вскрыт горизонт подмерзлотных порово-пластовых вод с высокой газонасыщенностью (газовый фактор составил 0,35–0,40 на 1 м³). На участках «Борогонцы» и «Кептени» получены метановые газы. В скважине №1 участка «Борогонцы», в интервале опробования 422–551 м, имели место спонтанные (на изливе) выходы газа с содержанием CH_4 (84,3–94,2 %), N_2 (4–14 %), CO_2 (0,20–1,47 %), Ar (0,55–0,88 %). Близкий по составу метановый воднорастворенный газ получен с пластовыми водами из гидрогеологической скважины, пробуренной ранее у озера Мюрю, в районе Борогонцев. Состав газа: CH_4 (98,26 %), N_2 (1,5 %), CO_2 (0,2 %), H_2 (0,01 %). Из гомологов метана обнаружен пропан в количестве 0,005 % (Мозговой, 1960; Алексеев, Гаврильев, 1968).

На участке Кептени, в интервале опробования 436–496 м, имели место выходы как спонтанного, так и воднорастворенного газов. В составе спонтанного газа скв.4 присутствуют CH_4 (13,6 %), азот (25 %) и CO_2 (менее 1 %), а также аргон (0,77 %). Воднорастворенные газы относятся к азотно-метановым; здесь углеводородные газы несколько «разбавлены» по сравнению со спонтанными выходами – CH_4 при-

сутствует в количестве 55–67 %, N_2 – от 22 до 25,3 %, присутствие CO_2 возрастает до 8–18 %. В 25 км к северу от участка Кептени, вблизи поселка Дюпся в колонковой скважине, из песчаников батыльхской свиты (глубина 432 м) отмечалось свободное выделение газа (Мозговой, 1960). Состав и дебит газа не определялись.

Следует упомянуть о воднорастворенном газе из скв.2 участка Тумул, где из отложений батыльхской свиты, в интервале 273–501 м получен воднорастворенный азотный газ с N_2 до 60 %.

Примечательно, анализ прямых признаков нефтегазоносности в виде газопроявлений приурочен в основном в интервале глубин 400–450 м, тогда как газопроявления ожидалось на глубине от 200 до 300 м, непосредственно под многолетнемерзлыми породами. Данное явление, вероятно, обусловлено существованием гидратного флюидоупора, образующегося значительно ниже подошвы многолетнемерзлых пород в зависимости от химического состава газа и термобарических условий.

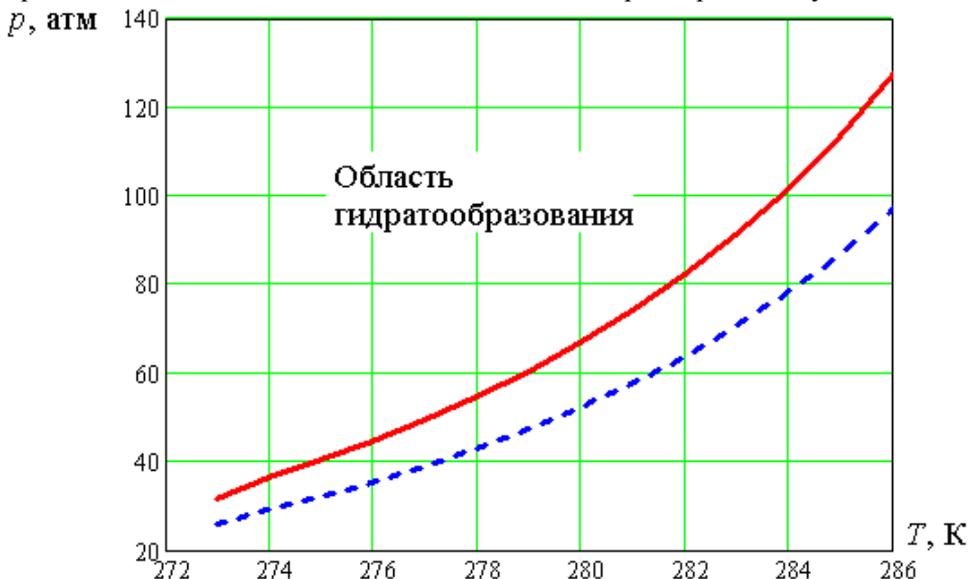


Рис. Равновесные условия гидратообразования для природных газов следующего состава: сплошная кривая – 74,56 % CH_4 , 24,73 % N_2 , 0,71 % CO_2 ; штриховая – 95,72 % CH_4 , 4,03 % N_2 , 0,25 % CO_2

Теоретически рассчитываемый геотермический градиент $+1^\circ C$ на 33 м от подошвы мерзлых пород (200–300 м), на уровне 400–500 м оценивается $+6-8^\circ C$ при пластовом давлении на уровне 4–5 МПа. Но в условиях существования многолетнемерзлых пород установлено некоторое превышение пластового давления над гидростатическим, в частности в скважине № 2 (участок Тумул) превышение давления фиксируется на уровне 3 МПа, т.е. 8,45 МПа на глубине 380 м.

Для проверки этих данных нами были рассмотрены расчеты равновесных условий образования гидратов для газов по методике, представленной в монографии Е.Д. Слоуна [3]. Вычисленные равновесные кривые представлены на рисунке.

Как видно из рисунка в этих термобарических условия теоретически возможно существование гидратов, которые могут быть флюидоупорами углеводородов мигрирующих из глубинных частей разреза.

В этих условиях задача поиска скоплений углеводородов усложняется как углублением перспективных горизонтов, так и обоснованием положительных структур в подошве зоны гидратообразования (ЗГО) или областей выклинивания ЗГО. При этом подошва ЗГО необязательно будет повторять подошву многолетнемерзлых пород, она в зависимости от литологической характеристики разреза обуславливающей их теплопроводность может варьировать весьма значительных интервалах.

В качестве предварительного решения проблемы поиска залежей газа ниже подошвы ЗГО можно применить выделяемую Д.Дж. Милтоном на сейсмограммах горизонт bottom-simulating-reflector [2], который совпадает с теоретически рассчитанной нижней границей стабильности газогидратов и как термобарическая поверхность сечет отражающие горизонты, обусловленные напластованием горных пород в случае их негоризонтального залегания. Д.Дж. Милтон сообщает также, что горизонт bottom-simulating-reflector выявляется на 60 % сейсмических профилей.

Исследования научных проблем иногда приводят к непредсказуемым результатам, и, как правило, довольно осложняющих их прикладное решение. Для выяснения существования гидратного флюидоупора хватило бы бурение одной скважины с проведением широкого комплекса геофизических методов.

Литература

1. *Сивцев А.И.* Новые перспективы нефтегазоносности Якутского поднятия // Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть, газ и их парагенезы. Материалы Всероссийской конференции, 22–25 апреля 2008 г. М.: ГЕОС, 2008. С. 448-451.
2. *Natural gases in marine sediments / Ed. Kaplan I. R.* New York; London: Plenum Press, 1974.
3. *Sloan E.D., Jr.* Clathrate hydrates of natural gases. Second edition, revised and expanded. N.Y., Basel, Hong-Kong: Marcel Dekker, Inc., 1997. 705 p.

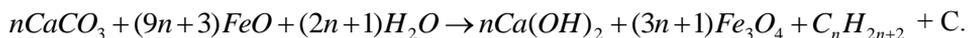
ВОДОРОДНО-УГЛЕРОДНАЯ ДЕГАЗАЦИЯ ЗЕМЛИ И ОБРАЗОВАНИЕ МЕЛКОДИСПЕРСНОГО УГЛЕРОДА ПРИ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЯХ И ТЕМПЕРАТУРАХ

В.А. Алексеев, Т.И. Дюжева, Н.Н. Мельник

ТРИНИТИ

Институт высоких давления им. Л.Ф. Верещагина РАН

Ранее в Институте физики высоких давлений изучалось образование углеводородов при высоких давлениях и температурах. Был осуществлен синтез тяжелых углеводородов при $p = 50$ кбар и $T = 1100$ °С. Эти термодинамические условия соответствуют глубинам ~100 км. Последующая обработка этих данных показала, что в этих условиях, наряду с тяжелыми углеводородами, в реакционной ячейке обнаружен мелкодисперсный углерод (по реакции):



Синтез проводился в камере высокого давления «Конак». Ампула из нержавеющей стали, способная сохранять герметичность и удерживать расплав и флюид в течение эксперимента, использовалась в качестве реакционной ячейки.

Анализ осуществлялся на установках комбинационного рассеяния света. Для спектроскопических измерений КРС использовались приборы с высоким разрешением, низким уровнем собственного (паразитного) рассеяния света и высокой чувствительностью. В данной работе спектры регистрировались на спектрометре U-1000 Jobin-Yvon (Франция). Основой прибора является двойной монохроматор с плоскими дифракционными решетками. Источником лазерного излучения служит аргон-криптоновый лазер ИМ120. Мощность выходного излучения в каждой из этих линий не менее 50 мВт. Все измерения образцов выполнялись с оптическим микроскопом «на отражение». Имеется возможность создавать и собственные подпрограммы, хранить полную информацию о параметрах сбора каждого спектра. На рисунке показан спектр углерода в координатах относительная интенсивность и обратная длина волны.

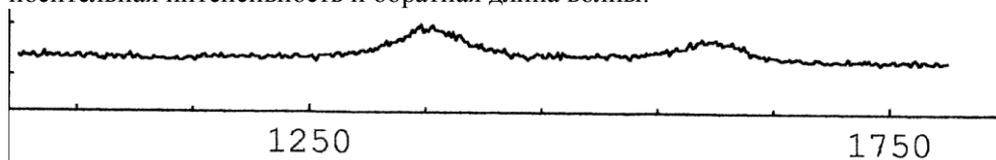


Рис. Спектр углеродной пленки на стенках ампулы, образовавшейся при $p = 50$ кбар и $T = 1100$ °С

Таким образом, природа дегазации имеет две ветви: углеводородную и углеродную. И реакция может протекать при деструкции более легких углеводородов.

ИССЛЕДОВАНИЯ РАЗЛОМОВ И ПОДВОДЯЩИХ КАНАЛОВ ГРЯЗЕВЫХ ВУЛКАНОВ ГЕОРАДАРОМ И ПО ПОТОКУ ВОДОРОДА

**В.А. Алексеев¹, Н.Г. Алексеева¹, М.Г. Даниялов², Копейкин³,
П.А. Морозов³**

Проведены исследования грязевых вулканов и разломов Таманского полуострова с использованием георадаров и датчиков потока водорода. Применялся новый георадар «Лоза», относящийся к классу геофизических проборов для исследования подповерхностной структуры грунтов до глубины порядка 100 метров. Принцип действия георадара основан на излучении сверхширокополосных электромагнитных импульсов в подстилающую среду и регистрации их отражения от

¹ ГНЦ РФ ТРИНИТИ (Троицкий институт инновационных и термоядерных исследований), Московская обл., г. Троицк.

² Дагестанский Филиал Геофизической Службы РАН, Махачкала.

³ ИЗМИРАН г. Троицк.

границ раздела слоев и объектов. Отличительной особенностью георадаров «Лоза» по сравнению с зарубежными и отечественными аналогами является большой энергетический потенциал, позволяющий работать в средах с высокой проводимостью, например в суглинках и влажных глинах.

В 2004 г. была проведена первая экспедиция с георадаром по исследованию Бугазского разлома с грязевулканическими проявлениями на юго-западном берегу Таманского полуострова. Было проведено исследование четырех профилей поперек разлома (рис. 1). Видны вертикальные границы разлома со слоями ископаемой и свежей грязевулканической брекчии (рис. 2). Эти данные хорошо коррелируют с данными по водородным и радоновым потокам. Исследованы вариации состава газа. Эти методы позволили выделить на разломе наиболее активные тектонические площадки для проведения георадарных исследований.

Проводились наблюдения за грязевым вулканом Карabetова Гора с 1998 г. по 2006 г. На профилях водорода были выявлены аномальные участки, на которых прошли мощные извержения в мае 2001 г., в июне 2004 г., в июле 2005 г. По-

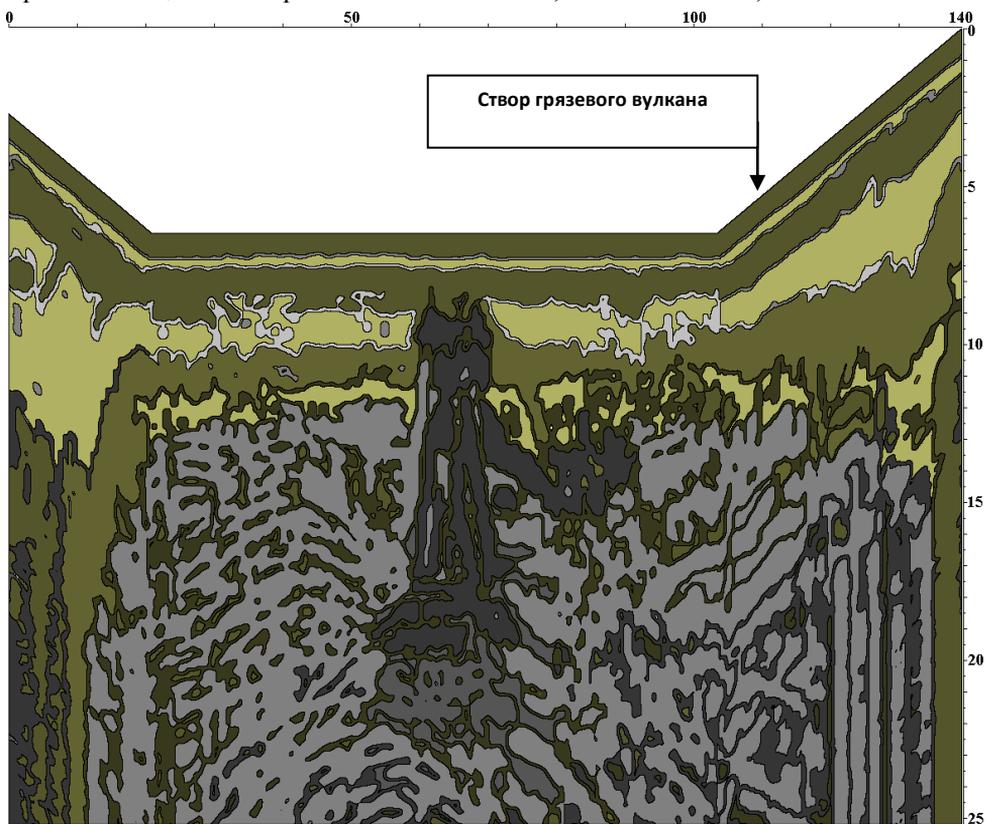


Рис. 1. Георадарный разрез структуры грунта в долине грязевых вулканов (п. Веселовка, Таманский район, Краснодарский край), июль 2004 года (профиль №2) Исследования выполнены с помощью георадара «ЛОЗА-Н» с антеннами длиной 5 метров (центральная частота 30 МГц). Обработка результатов зондирования выполнена с помощью программы «ЛОЗА»

следнее извержение удалось полностью изучить, включая подготовку, начальную фазу, за неделю до извержения, само извержение и после извержения (рис. 3).

Впервые перед извержением грязевого вулкана Карabetова Гора с помощью георадара удалось зафиксировать образование в канале многочисленных газовых камер высокого давления, которые во время извержения периодически выбрасывали большое количество брекчии. Приводятся результаты исследования каналов грязевых вулканов и потоков водорода. Получена тонкая структура каналов прошлых извержений. Таким образом, впервые были исследованы подводящие каналы и инструментально зафиксирована подготовка извержения (краткосрочный прогноз). Изменения потоков водорода позволяют делать долгосрочный прогноз.

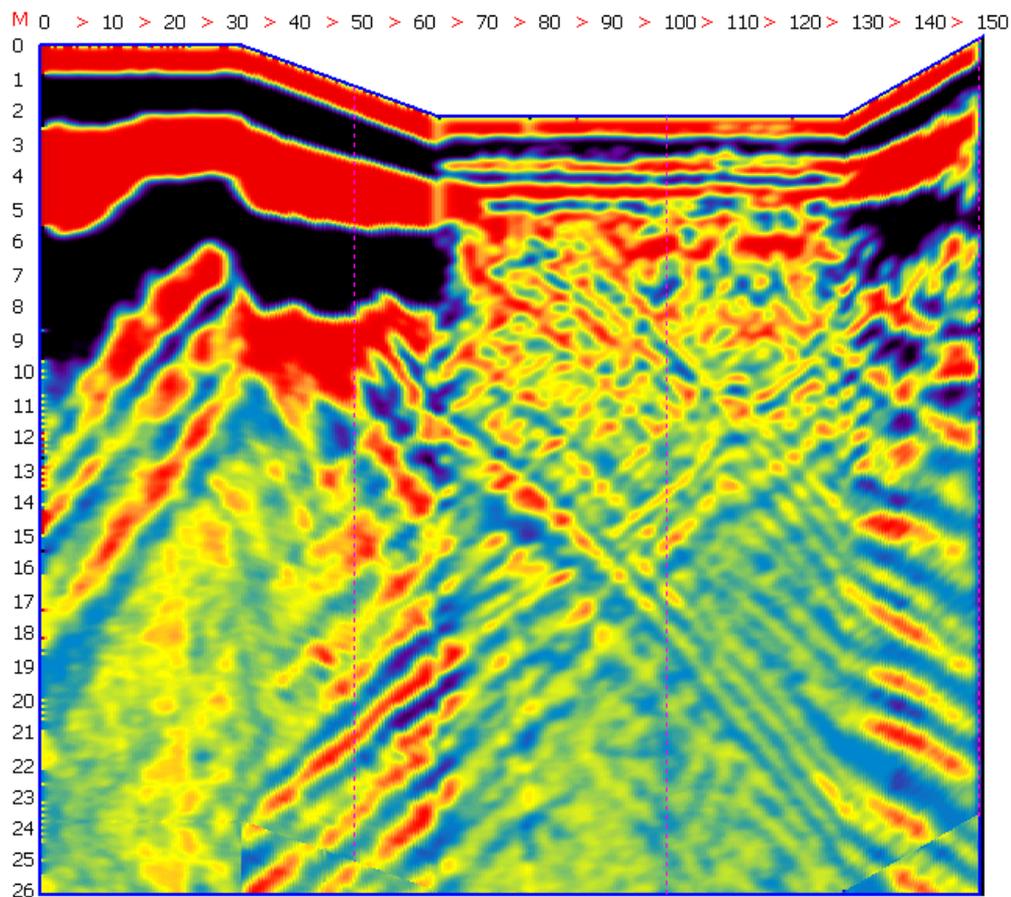


Рис. 2. Георадарный разрез структуры грунта в долине грязевых вулканов (п. Веселовка, Таманский район, Краснодарский край), июль 2004 года (профиль №5) Исследования выполнены с помощью георадара «ЛЮЗА-Н» с антеннами длиной 5 метров (центральная частота 30 МГц). Визуализация результатов зондирования выполнена с помощью программы «КРОТ-108»

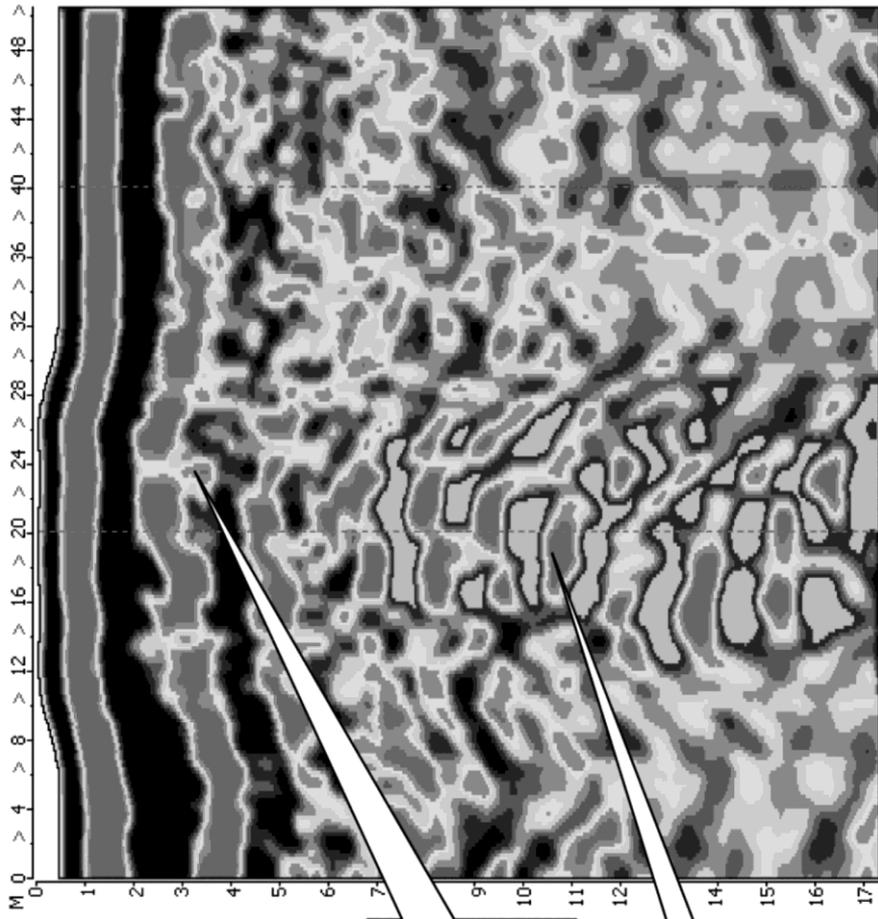


Рис. 3. Георадарный разрез №1. Структура грунта в районе центрального кратера вулкана Карапетка (после извержения 2004 года). Панель программы «КРОТ»

*Вертикальные нарушения
геологических слоев,
возможное место
образования кратера при
новом извержении*

Пустоты с глубины 8 м



**Георадарное обследование грязевого вулкана Карапетова гора.
Тамань, Краснодарский край, 20-31 июля 2005года**

РЕАКЦИЯ РАДОНОВОГО ПОЛЯ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ

Ч.С. Алиев

Институт Геологии НАН АР

In work it is shown that preparation of seismic events in territory of the Shamakhy seism active zone of Azerbaijan is accompanied by positive anomalies of a gamma field, and also increases of concentration of radon in ground air coming to surface of the ground.

Гелий, радон и аргон-40 являются газами радиогенного происхождения, составляют важнейшую часть газового дыхания Земли, которое несет информацию о процессах в верхней части земной коры, о геоэкологической обстановке в данном регионе. На важность изучения радиогенных газов указывал еще В.И. Вернадский, который и предложил термин – «газовое дыхание Земли».

Радон всегда присутствует в атмосферном воздухе. В атмосферу он поступает из земных пород, как результат деления ядер урана и тория, которые всегда содержатся в горных породах и почвах.

Выделение радона через поверхность земли в атмосферу, т.е. эксхалиция, характеризуется плотностью потока. Количество радона, поступающего в атмосферу, зависит от многих факторов, в том числе от содержания радиоэлементов в породах, от среды (пористость, проницаемость, влажность и т.п.), от метеорологических условий и др.

Таблица 1

Эксхалиция радона

№№	Изучаемый объект	Эксхалиция, $n \cdot 10^{-3}$ Бк/м ³ с	Автор
1	Современные отложения с кларковым содержанием Ra (среднее)	8-20	Прудкина, Шашкин (1984)
2	Современные отложения с кларковым содержанием Ra (Восточный Азербайджан)	10-60	Алиев, Золотовицкая (2002)
3	Зоны тектонических нарушений (Восточный Азербайджан)	20-120	
4	Над очаговыми зонами (Восточный Азербайджан)	30-150	
5	Современные отложения с кларковым содержанием Ra (Западная Фергана)	4-100	Абдулвалиев (1990)
6	Зоны тектонических нарушений (Западная Фергана)	20-50	
7	При подготовке землетрясения с $3 < M < 6$	28-70	
8	При подготовке землетрясения с $M > 6$ (Западная Фергана)	55-100	
9	Зависимость между приращением эксхалиции радона (E), силы будущего землетрясения, эпицентрального расположения (a) и геологических условий наблюдения (b) (Западная Фергана)	$\Delta E = 2,84a$ ($M = b$)	
10	Современные отложения с кларковым содержанием Ra (Западная Туркмения)	83-100	Ишанкулиев (1991)
11	Зоны тектонических нарушений (Западная Туркмения)	160-300	
12	Современные отложения с кларковым содержанием Ra (Ашхабадская зона)	78-87	
13	В период повышения сейсмичности недр Средней Азии	156-176	

Из современных отложений с кларковым содержанием радия в среднем эксхалиция радона оценивается как $(8-20) \cdot 10^{-3}$ Бк/м³с. Над зонами тектонических нарушений, над очаговыми зонами землетрясений эксхалиция радона в 3–4 раза выше, чем в окружающей среды (табл. 1). В таблице представлены данные об эксхалиции радона из современных отложений с кларковым содержанием радия, в зонах тектонических нарушений, в сейсмоактивных регионах Азербайджана, Узбекистана, Туркменистана.

Несколько повышенный радиоактивный фон наблюдается над очаговыми зонами известных в прошлом землетрясений. Кроме того, нам удалось наблюдать кратковременный «всплеск» повышения уровня гамма-поля непосредственно в надочаговой зоне во время землетрясения.

Впервые это явление было зарегистрировано в 1965 г., когда резко повысился уровень гамма-поля над очагом, расположенным севернее г. Шемаха в сейсмоактивной зоне Азербайджана. Через 10 дней радиоактивность снизилась до фоновых значений. Такой же эффект впоследствии наблюдался нами неоднократно т.к. мы около 25 лет работали в Шемахинской сейсмоактивной зоне, изучая связь сейсмичности вариациями радиоактивных полей. Такой же эффект наблюдался во время землетрясения над очагом, расположенным южнее Шемахи. Зоны тектонических нарушений выделяются в гамма-поле «пиками» повышенной радиоактивности.

Такое кратковременное повышение радиоактивности возможно только при резком притоке радона к поверхности земли. Это как бы реакция радонового поля на энергию импульсного воздействия сейсмического источника.

Происходит «радоновая инъекция» в подпочвенную атмосферу вызванную встряской всей толщи пород. Это подобно механическому воздействию при встряхивании колбы с породой для л у ч ш е г о выделения радона при лабораторных исследованиях.

Раньше большинство ученых считало, что формирование радоновых аномалий происходит по диффузионной модели массопереноса. Но согласно классической теории эманационных методов диффузионная длина пробега радона в воздухе составляет всего 2,18 м, торона – 0,28 м. Даже в самых рыхлых породах диффузионный перенос радона составляет не более 1,5 м от источника излучения. Отсюда ясно, что образование радон-тороновых аномалий не может быть вызвано диффузионным источником. Быстрое перемещение атомов происходит за счет волновых процессов. Перестройка земной коры в объеме очага ведет к образованию колебательных движений на любом уровне, в том числе и в поле атомов, которыми по выражению В.И. Вернадского пронизана вся земная материя: «В каждом см³ земного вещества находится миллионы миллионов свободных атомов», а поле каждого атома соизмеримо с величиной происходящих деформаций (Вернадский, 1954).

Процессы, протекающие в очаге землетрясения, является источниками нарушения состояния динамического равновесия земной коры, что отражается на состоянии атомарного поля, перенос энергии происходит волнами без участия диффузионного потока.

Среди сложной многоплановой иерархии в динамическом взаимодействии волновых процессов существует поддиапазон частот установленных империческим путем. Это позволяет определить механизм переноса энергии в середе. На радиоактивных газах наблюдается установленный эффект влияния избирательных (резонансных) частот на интенсивность радонового поля атмосферы почв. Эффект увеличения выноса радиоактивных эманации в атмосферу подпочв на определенных частотах вибросейсмического воздействия (20–90 Гц) – явление реально изученное в природе и демонстрируется на химических квазиинертных газах – радоне и тороне. Перманентная подача сейсмической энергии в пластовые системы приводит к устойчивому надфоновому содержанию радона и торона в подпочвах и приземной атмосфере.

Установлено, что в подпочвенном воздухе на границе с атмосферой содержание радона всегда превышает его радиоактивное равновесие с радием. Это свидетельствует о постоянном притоке радона к поверхности, что обеспечивает постоянную эксхалиацию радона.

Землетрясения усиливают этот эффект, возникают кратковременные аномалии. Так как основная доля гамма-излучения земной поверхности приходится на послерадоновые короткоживущие элементы, то повышение уровня гамма-поля в надочаговой зоне является результатом реакции радонового поля на энергию воздействия сейсмических источников.

Литература

1. Вернадский В.И. Избранные сочинения. М.: Изд-во АН СССР, 1954. 696 с.
2. Прудкина М.И., Шаикин В.Л. Справочник по радиометрической разведке и радиометрическому анализу. М.: Энергоатомиздат, 1984. 167 с.
3. Алиев Ч.С., Золотовицкая Т.А., Алыева С.К. Механизм воздействия землетрясений на эксхалиацию радона // II Международный семинар «Сейсмология и факторы снижения сейсмического риска, защиты инфраструктуры городов и промышленных объектов при стихийных бедствиях». Тезисы докладов. Баку, 2002. С. 22-24.
4. Абдувалиев А.К., Войтов Г.И., Рудаков В.П., Орлова Т.Г. Особенности реакции поля радона атмосферы подпочв на подготовку неглубоких коровых землетрясений с $M \leq 65$ (на примере Западной Ферганы) // Докл. АН СССР. 1990. Т. 312, №6. С. 1335-1338.
5. Ишанкулиев Д.И., Войтов Г.И., Беликов В.М., Карриев В.С. Радоновое поле Предкопетдагского передового прогиба // Докл. АН СССР. 1991. Т. 317, №1. С. 62-67.

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОСТАВА НЕФТЕЙ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЮЖНО-КАСПИЙСКОЙ ВПАДИНЫ

Ад.А. Алиев⁴, Ф.Р. Бабаев⁵, И.С. Гулиев¹

The article focuses on results of main patterns recognition in distribution of isoprenoid hydrocarbons, microelements and metalloporphyrines and also correlation pristan/phitan in oils of some fields South Caspian Basin of Azerbaijan, on purpose of forecasting of structure of oil.

В последние годы для решения проблем нефтегазовой геологии важная роль отводится геохимическим исследованиям нефтей, т.к. результаты их интерпретации своей информативностью способствуют лучшему пониманию геохимических условий аккумуляции и превращения нефтей в природе, а также формирования их залежей.

Материалом для исследования послужили нефти нижнеплиоценовых (продуктивная толща) отложений месторождений Южно-Каспийской впадины (ЮКВ).

⁴ Институт геологии НАН Азербайджана.

⁵ Азербайджанский технический университет.

По результатам исследований были обсуждены результаты совместного изучения изопреноидных углеводов, металлопорфиринов, микроэлементов, с целью выявления закономерностей их распределения, а также были рассмотрены отношение пристан/фитан в нефтях и для обнаруженных элементов их концентрационные ряды.

Кроме того, учтены и возможности использования полученных значений в качестве геохимических индикаторов, определяющих роль той или иной стадии эволюции углеводов в природе.

Изопреноидные углеводороды

Во всех анализируемых пробах нефтей месторождений ЮКВ обнаружены изопреноидные углеводороды – биомаркеры (пристан/фитан), в пределах от 0.69 % до 5.69 %.

Необходимо отметить отсутствие связи в распределении концентрации изопреноидов с гипсометрической глубиной.

Для рассматриваемых нефтей месторождений ЮКВ характерно также наличие олеонана – показателя исходной наземной растительности, содержание которого варьирует в широких пределах от 0.04 % до 0.3 %.

В широком диапазоне изменяется и отношение T_s/T_m (триснорнеогопана к трисноргопану) в пределах от 0.61 до 1.26, являющееся показателем фазового состава углеводов.

Отношение пристан/фитан

Во всех пробах исследуемых нефтей величина отношений пристан фитан в пределах от 1 до 2. Одновременно обнаруживается и близость их значений, что позволяет сделать вывод о том, что нефти указанных месторождений образовались в слабо восстановительной обстановке из сапропелевого типа органического вещества.

Идентичность вышеуказанных параметров и относительное однообразие химического состава нефтей даёт нам возможность констатировать общий генезис нефтей, а также единый источник образования УВ и формирования их залежей.

Установлено, что отношение пристан/фитан снижается с увеличением глубины залегания нефти на изученных площадях. Это, по-видимому, связано с уменьшением содержания парафино-нафтеновых углеводов в высокомолекулярной части нефти.

Преобладание же пристана в генетически однотипных нефтях, т.е. увеличение его содержания с глубиной залегания нефтяных залежей свидетельствует о его связи с зонами глубокого катагенеза ОВ, т.е. зрелыми объектами.

Порфирины

Необходимо отметить, что в нефтях изученных месторождений обнаружены только никель – порфириновые комплексы. Это, по-видимому, связано с тем, что эти нефти содержат незначительное количество (~0.5–1 %) серы.

Установлена также корреляционная связь между содержанием никель – порфиринов и отношением пристан/фитан. Минимальное значение пристан/фитан обычно присуще нефтям с большей концентрацией порфиринов и что вероятно связано с восстановительной средой и невысокой температурой образования углеводов.

Микроэлементы

В исследуемых нефтях обнаружено до 40 различных химических элементов.

Установлено, что главными компонентами золы нефтей месторождений ЮКВ являются Ni, Fe, V, Co, которые содержатся в целых и десятых долях процента

(на золу). По усредненным данным, элементы семейства железа, обнаруженные в нефтях, образуют следующие ряды концентраций:

Нефт Дашлары	Ni>Fe>V>Co>Cu>Mn>Cr
Палчыг пильпиляси	Ni>Fe>V>Co>Cu>Mn>Cr
Дарвин кюпеси	Ni>Fe>V>Co>Cu>Mn>Cr
Пираллахы-дениз	Ni>Fe>V>Co>Cu>Mn>Cr
Сангачалы-дениз	Fe>Ni>Cu>Co>Mn>V>Cr
Дуванны-дениз	Fe>Ni>Cu>Mn>V>Co>Cr
Гюргяны-дениз	Ni>Fe>V>Co>Mn>Cu >Cr
Гум	Fe>Ni>Mn>Cu>Co>Cr>V
Бахар	Fe>Ni>Cu>Mn>Cr>Co>V
Кюровдаг	Fe>Ni>Cr>V>Mn>Ti>Cu
Кюрсанги	Fe>Ni>V>Cr>Mn>Ti>Cu
Карабаглы	Fe>Ni>V>Mn>Cr>Ti>Cu
Мишовдаг	Ni>Fe>Ti>V>Cr>Mn>Cu

Из этих данных видно, что состав нефтей различных месторождений ЮКВ по содержанию микроэлементов во многом сходен, что свидетельствует об общности геохимических условий их образования и формирования состава нефтей. По преобладанию среди химических элементов Ni или Fe выделяется никелевый или железистый типы нефтей. Отношение V/Ni также как и отношение V/Fe < 1, как и в большинстве, кайнозойских нефтях других регионов.

Обсуждение результатов. Как видно из полученных результатов, близость численных значений, а также их глубинное и площадное распределение свидетельствует о том, что исследуемые нефти продуктивной толщи мало отличаются друг от друга и они почти одинаковы, что может свидетельствовать о едином источнике образования нефтяных УВ и формирования их залежей, и следовательно они генетически связаны между собой и имеют общее происхождение.

Из приведенных данных следует, что на содержание изопреноидных УВ влияние оказывает состав исходного ОВ и гипергенный фактор, а на содержание порфиринов, кроме состава исходного ОВ, температурный фактор.

Рассмотренные величины отношений пристан/фитан, позволяющие характеризовать геохимическую обстановку формирования состава изучаемых нефтей, и представляет собой фундаментальный геохимический параметр.

Выводы

1. Результаты выполненных исследований микроэлементов, порфиринов, изопреноидных углеводородов, отношения пристан/фитан, индекса Олеана, отношения T_s/T_m свидетельствуют о близости их численных значений, что указывает на однообразие химического состава нефтей и их унаследованность от единого исходного органического вещества материнских пород и позволяет сделать вывод о генетической близости указанных нефтей.

2. Изменение отношения пристан/фитан в пределах от 1-го до 2-х, свидетельствует о накоплении исходного органического материала в слабовосстановительной и восстановительной обстановках, что соответственно повлияло на условия формирования нефтей.

ГЛАВНЫЙ УГЛЕВОДОРОДНЫЙ ПОЯС ЗЕМЛИ

Л.А. Анисимов

ООО ЛУКОЙЛ-ВолгоградНИПИморнефть

The sedimentary basins of Western Canada, Rocky Mountains, Gulf of Mexico, Venezuela, offshore of Brazil and West Africa, Middle East, Caspian and Ural Regions, Western Arctic compose the principal hydrocarbon belt of the Earth. Hydrocarbon resources of this belt are one order more than resources of Alpine and Pacific belts. Concentration of great resources can be explained by domination of spreading and rifting processes in comparison with collision processes on the active margins of continents.

В геологическом плане нефтегазовые системы, к которым приурочено порядка 90 % ресурсов углеводородов, территориально связаны с поясом, расположенным между докембрийскими платформами, и секущему континенты в меридиональном направлении. Проведенный предварительный сравнительный анализ результатов исследований различных регионов этого пояса позволяет наметить как общие черты для всего района, так и специфические черты для отдельных регионов, что может быть полезным для оценки как генеральной, так и региональной ресурсной базы.

Для Евразии это наиболее богатый нефтью и газом район мира как по своему географическому положению, так и по стратиграфической приуроченности основных продуктивных формаций. Протягивающийся далее через арктические бассейны на Американский континент, пояс представлен Западно-Канадским бассейном, бассейнами Скалистых Гор, Примексиканской впадиной и бассейнами Венесуэлы. Известные ресурсы углеводородов здесь намного превышают ресурсы Старого Света, но они, в основном, представлены битуминозными песками (Атабаска), горючими сланцами (Скалистые Горы), тяжелыми нефтями и битумами (Венесуэла).

Через оффшорные зоны Бразилии и Гвинейского залива намечается переход пояса в Евразийскую зону. К южной части пояса можно также отнести крупнейшие после Скалистых Гор скопления горючих сланцев Бразилии и Заира.

По евразийской зоне меридиональное направление основного пояса обосновывается прежде всего существованием генерального разлома или системы разломов, известных под названием Урало-Оманского линеамента (В.Е. Хаин).

В геоморфологическом плане этой зоне отвечает вытянутая с севера на юг гигантская депрессия, пресекающая как равнинные, так и горные области, включая Тургайский прогиб и впадину Аральского моря. Несмотря на широкую зону, занятую альпийским орогенезом, «уральское» направление прослеживается к югу, в зоне развития мезозойских бассейнов и на Аравийской платформе. В наиболее богатом углеводородами бассейне Персидского залива структуры осадочного чехла расположены в несколько рядов, параллельно вытянутой в меридиональном направлении гигантской Гхаварской структуре.

Под углом к этому направлению сформирована складчатая зона Загроса, представленная узкими антиклиналями СЗ-ЮВ направления. Удивительно, что в коллизионной зоне альпийская складчатость не оказала влияния на ориентировку структур платформенной части и граница между Аравийской платформой и Загросом очерчена весьма резко.

Наиболее богатыми по выявленным ресурсам углеводородов являются бассейны Персидского залива и Западной Сибири. Причинами такого высокого ресурсного

потенциала считаются наличие в разрезе многочисленных нефтегазогенерационных толщ, которые охватывают значительный стратиграфический диапазон разреза. Особенно это характерно для бассейнов Персидского залива, где запасы нефти примерно в 4 раза превышают запасы нефти по бассейнам Западной Сибири, при том, что запасы газа по этим районам примерно равны. Для всей рассматриваемой зоны и характерного преобладания в центральных частях преимущественно нефтяных залежей, в то время как в краевых частях намечается преимущественная газоносность. Конечные зоны рассматриваемого пояса – Ямал на севере и Южной Парс на юге является концентраторами основных мировых ресурсов природного газа.

Причина уникальной газоносности севера Западной Сибири обычно связывается с развитием континентальных и прибрежно-морских угленосных терригенных толщ мезозоя, в то время как в бассейнах Персидского залива рассеянное органическое вещество представлено сапропелевым типом.

В.А. Скоробогатовым в 1976 г. был предложен коэффициент П/S «континентальности» нефтей, подсчитываемый по массовому отношению содержания твердых УВ-парафина (П) и серы (S), применение которого позволило четко разделить на генетической основе нефти из юрских и неокомских залежей УВ Западной Сибири. Данный коэффициент является генетическим, поскольку парафин и сера в нефтях являются своеобразными антиподами. Основными источниками осернения нефтей считаются сульфаты морской воды, в то время как воды континентального генезиса не содержат сульфатов в таких концентрациях, как в морской воде. С погружением пород и ростом пластовых температур до 160 °С плотность и в меньшей мере сернистость битумоидов и нефтей в залежах прогрессивно уменьшаются, в то время как в изменениях содержания парафина закономерности не установлено.

По составу нефтей наиболее интересные различия мы связываем с распространением двух типов нефтей: сернистых, смолистых, малопарафинистых нефтей Западной Сибири и Ближнего Востока и малосернистых, высокопарафинистых нефтей Средне-Каспийского бассейна.

В геотектоническом отношении наиболее разительное отличие связано с приуроченностью основных месторождений осерненных углеводородов к рассматриваемому поясу. Основная часть высокосернистых нефтей как по запасам, так и по числу залежей сконцентрирована в нефтегазоносных бассейнах западных областей Северной Америки, в Месопотамской впадине и Волго-Уральской области. В геотектоническом отношении эти области представляют собой перикратонные прогибы, при этом основные запасы высокосернистых нефтей приурочены к их платформенным частям. Суммарные запасы серы в битуминозных песчаниках Атабаски составляют 3–4 млрд т, а в месторождениях сернистых нефтей Месопотамской впадины – около 1 млрд т, что значительно превышает учтенные мировые запасы самородной серы (1,5 млрд т). В Западно-Канадском и Предуральско-Прикаспийском бассейнах залежи сернистых нефтей по мере погружения пород сменяются залежами сероводородсодержащих нефтей, а затем залежами сернистых газов. В противоположность ему нефтегазоносные бассейны Альпийского пояса и Тихоокеанского сегмента содержат нефти с исключительно низким содержанием серы. Такая же обедненность серой характерна для нефтей значительной части Южной Америки и Алжирской Сахары.

Положение нефтегазоносных мезозойских бассейнов на погруженных участках эпипалеозойских платформ позволяет оценить те черты сходства в эволюционной

истории этих бассейнов, которые определили сходство их современного строения. В этом отношении особое значение для развития процессов нефтегазонакопления имеют процессы рифтообразования в консолидированном фундаменте платформ.

Для России в наибольшей степени изучены рифтогенные системы Скифско-Туранской и Западно-Сибирской плит. Как правило, их характеристика дается по комплексу данных о строении фундамента, а также по результатам анализа геофизических, в том числе и тепловых полей.

Образование множественных зон растяжения наиболее благоприятно для вертикальной разгрузки флюидов, причем эффузивные излияния ведут к закупорке проводящих каналов, в то время, как гидротермальная деятельность свидетельствует о хорошей вертикальной сообщаемости. Дефлюидизация земной коры в спрединговой зоне ведет к формированию обширной области оседания с образованием сбросов и сползанием осадков по листрическим поверхностям к центру растяжения. В зависимости от глубины разломов развиваются процессы вулканизма или гидротермальной деятельности. Последняя инициирует рифтостроительство.

Погружение большой массы осадочных пород в высокотемпературную зону создает различные гидродинамические и геохимические эффекты, которые могут являться положительными факторами для формирования и последующей экстракции углеводородов. В этом плане из трех геотектонических процессов – коллизии, субдукции и спрединга – как самому благоприятному для процессов нефтегазообразования отдается предпочтение спредингу. При формировании рифтовой системы огромные массы поверхностных вод поступают в образовавшиеся разломы, в рифтовую долину сползает значительный объем осадочных пород, которые затем подвергаются тектонической и гидротермальной проработке в относительно мягких температурных условиях. С точки зрения флюидодинамики процесс рассматривается как встречное движение нисходящих поверхностных и подземных вод верхней зоны и вынос горячих флюидов к поверхности.

В настоящее время резко возрос интерес к роли водорода, как внешнего источника гидрогенизации органического вещества (С.П. Левшунова). Вынос водорода в срединно-океанических хребтах достигает 1,3 млрд м³/год (Б.М. Валяев), причем изучение газового состава многих гидротермальных систем показывает, что концентрация Н₂ в большинстве случаев превышает концентрацию СН₄. Широкий диапазон температурных колебаний в современных гидротермах позволяет предположить достаточно активный водообмен и возможный генезис водорода при взаимодействии нисходящих потоков воды и вмещающих пород. В частности, опыты по взаимодействию дейтерированной воды и органического вещества показали переход дейтерия в образовавшиеся углеводороды.

Привлечение внешних источников водорода к объяснению процессов нефтегазообразования согласуется с новыми фактическими данными о строении глубоких горизонтов земной коры, данными о потоках глубинного водорода, экспериментами по гидрогенизации органических веществ и распределением существующих месторождений нефти и газа в различных геодинамических зонах. В свете этих геологических данных гибридные теории происхождения нефти (органическое вещество + водород, образованный при взаимодействии воды и угля) имеют хорошие перспективы развития.

Комплексный подход при оценке перспектив нефтегазоносных бассейнов позволит учесть факторы генерации, миграции или аккумуляции УВ, которые

позволят понять те процессы, которые могут иметь решающее значение в распределении по площади и по разрезу различных видов углеводородного сырья и соотношения их ресурсов в конкретном бассейне. Традиционные тектоно-седиментационные модели нефтегазовых систем, которые учитывают только внутренние ресурсы нефтегазоносного бассейна, должны быть дополнены внешними источниками поступления водорода и углерода из глубоких частей рифтовых зон и разрушающихся осадочных пород орогенов, окружающих бассейн. В этом плане следует также учитывать процессы переотложения углеводородов нефтей, разгружающихся в бассейн седиментации (Г.А. Беленицкая).

О РОЛИ ГЛУБИННЫХ ФАКТОРОВ В ПРОЦЕССЕ УГЛЕНАКОПЛЕНИЯ

Н.А. Асланикашвили, А.И. Суладзе, В.Г. Иорашвили

Кавказский институт минерального сырья, г. Тбилиси, Грузия; nani45@mail.ru

About the part of the abyssal factors in process of coalification N.Aslanikashvili, A.Suladze, V.Iorashvili

The basic factors of coalification – climatic, phytogeocoenetic and landscape largely are depended on the intensity arrival of the deep matters in upper shells of the lithosphere.

Энергетика глубинных процессов, среди прочего, проявляется в виде вулканической активности, прямым или косвенным путем воздействующей на формирование пород и целого ряда полезных ископаемых, будь то бентониты, диатомиты, фосфориты и др.

Участие продуктов вулканизма в составе пород угленосных толщ отмечается в подавляющем большинстве бассейнов и месторождений мира.

По периодичности влияния на растительность, вулканические явления делятся на действующие постоянно (фумаролы, сольфаторы, термальные источники и др.) и эпизодически – с разной продолжительностью покоя (пеплопады, лавы, лавхары и пр.).

Выявление обстановок формирования бассейнов угленакопления (БУ) в пределах Кавказа основывалось на геодинамических, палеогеографических и палеовулканологических реконструкциях.

Основными элементами, определяющими геодинамику Большого Кавказа в ранней и средней юре, являлись Большекавказская островная дуга (БОД) с зоной растяжения в тылу и Закавказская островная дуга (ЗОД), отделенная от БОД интрадуговым бассейном.

На Северной и Южной активных континентальных окраинах ЗОД и Северо-Кавказской плиты в ранней и средней юре, соответственно, формирование БУ протекало в сходных, прибрежно-аллювиальных и континентальных обстановках и сопровождалось периодической активизацией известково-щелочного вулканизма.

Отложения угленосной формации (УФ) в пределах Лабино-Малкинской зоны Северо-Кавказского краевого массива (месторождения: Хумаринское, Аксаут-Тебердинское, Сенты-Кольтюбинское, Кубано-Малкинское и Карт-Джуртское),

охватывают рэт-геттангский диапазон, включая поздний домерский подъярус. В составе угленосной свиты выделяется три вулканогенных горизонта. Первый из них – фация лавовых потоков, залегает на 60–80 м ниже второго угольного пласта, а местами на палеозойском фундаменте. Второй (шоанская свита) – имеет более широкое распространение и местами фациально замещает отложения УФ, что, скорее всего, свидетельствует о синхронности их образования. Данный горизонт, приуроченный к верхам угольной толщи, в нижней части слагается из дацитовых туфобрекчий, туфов и туффитов, чередующихся с аркозовыми песчаниками. Верхняя часть горизонта состоит, главным образом, из лав и лавобрекчий андезитов. Примечательно, что в то время как нижняя часть шоанской свиты заключена в толщу угольных пород, представляя собой ее вулканическую фацию, покровы вулканических пород верхнего горизонта залегают на плинсбахских песчаниках.

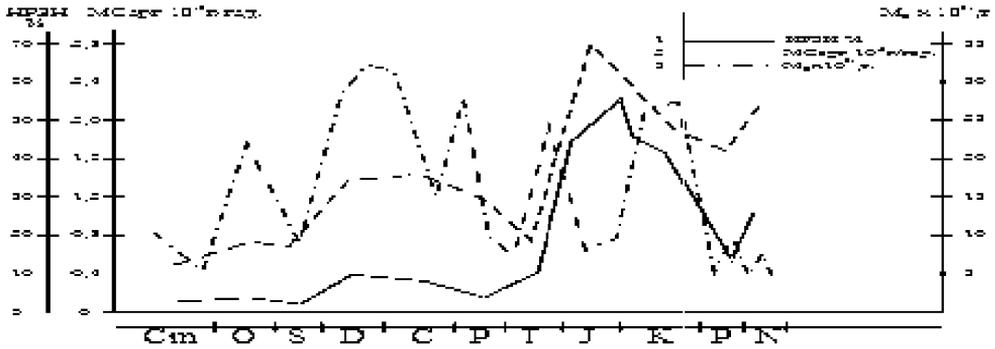
Этот факт свидетельствует в пользу того, что в результате предтоарского тектогенеза значительная часть Кубанского и Баксанского районов, испытав инверсию, из области седиментации превратилась в область размыва, ограниченную с востока и запада разломами субмеридиональной ориентации. Одновременно, в депрессионных структурах продолжалось осадконакопление. Присутствие в составе толщи прослоев витрофировых туфов может свидетельствовать о продолжающихся извержениях на сопредельных территориях. В пользу этого свидетельствуют и аэрофотоснимки, с помощью которых идентифицируются (Бурчак, Шилкин, 1985) кольцевые структуры – очаги палеовулканов.

Заложение структур среднеюрских БУ, расположенных на северной окраине ЗОД (Закавказская межгорная область, Западная Грузия), месторождения: Ткварчели, Бзыби, Магана и Ткибули-Шаори, было обусловлено процессами тектогенеза и вулканической активизации, достигших максимума в середине байосского века и завершившихся образованием андезитового тектоно-магматического пояса.

Ткварчельское месторождение приурочено к двум субширотным синклиналильным складкам и состоит из 6 разобщенных угленосных площадей, морфология которых унаследована от байосских вулканических построек. Породы угленосной свиты мощностью ~300 м залегают на различных горизонтах порфиритовой серии. Палеовулканологическими реконструкциями устанавливается наличие вулканотектонических структур различного масштаба, сложенных образованиями жерла и взрывного вала. Судя по всему, аккумуляция торфа происходила в вулканических депрессионных структурах (в кальдерах обрушения), а углеобразование контролировалось субаэральным вулканизмом, о чем свидетельствует присутствие витрического компонента в разрезах месторождения.

Восточнее, в районе Ткибули-Шаорского месторождения, наблюдается в целом, аналогичная картина. В основании разрезов залегает мощная толща роговообманковых порфиритов и глыбовых агломератовых туфов, пронизанных выделениями самородной фумарольной серы. Мощность покрова варьирует от 50 до 100 м.

С учетом этих и других данных, можно предположить, что аккумуляции крупных масс первичной растительной массы активно способствовали поствулканические процессы – повышенный термический режим недр и специфическая геохимия подугольных почв – исключительно благоприятные условия для развития богатых фитоценозов – предшественников углей. Следовательно, наряду с известными предпосылками угленакопления, процесс тектономагматической активности представляется существенным, а порой и определяющим фактором на начальной стадии развития БУ.



В целом, на протяжении ранне-среднеюрского времени, на южной окраине Северо-Кавказского сегмента Евразийского палеоконтинента, угленакопление протекало в остаточных, изолированных и полуизолированных (типа лагун) бассейнах, структурное положение и развитие которых контролировалось процессами вулканизма.

Развитие многочисленных глубинных разломов, о долгоживучести которых свидетельствует наличие горячих источников, повышенное содержание радиоактивных элементов и особенно, марочный состав углей, заставляет предположить возможность воздействия на метаморфизм углей глубинного источника прогрева. В частности, на I-ой площади Ткварчельского месторождения установлены газовые и газово-жирные угли, на II-ой – жирные, а на западной части IV-ой площади – коксующиеся угли.

В числе крупных залежей углей, приуроченных к палеовулканическим постройкам, в литературных источниках упоминаются такие гиганты, как Экибастузское и Карагандинское месторождения, значительное число месторождений Камчатки, Приморского края, Южно-Якутского угленосного района, Сахалина, Юго-Восточной Азии, Китая, Южной Америки, Австралии и других районов земного шара. В целом, в пределах Тихоокеанского складчатого пояса, на территории СССР, охватывающей Тихоокеанский сектор площадью порядка 5 млн км², размещаются ~200 угольных бассейнов, площадей и месторождений. Процесс углеобразования, начавшись в раннекаменноугольную эпоху в районе Западного Верхоянья, с различной интенсивностью проявлялся с мезозоя до неогена включительно. Тем самым, наблюдается миграция процесса углеобразования во времени и пространстве с запада на восток, с эпохами максимумов угленакопления: поздняя юра–ранний мел; апт–альб; сеноман–дат; палеоген–неоген. Повсеместно начало угленакопления увязан с завершающей стадией вулканической активности на окраине континента и островодужной области соответствующей эпохи. Таким образом, имеется следующая последовательность: вслед за завершением вулканической активности на окраинах континентов и островных дуг, по мере смены подводных излияний субаэральными, в вулканических ландшафтах происходит развитие остаточных, изолированных и полуизолированных водоемов различного масштаба и конфигурации. Вслед за этим, при наличии интенсивных сжимающих усилий, характерных для орогенеза и складкообразования, под воздействием деформирующих сил происходит образование депрессионных просадок, ограниченных глубинными разломами. Хорошая проницаемость этих разломов обеспечивает длительное поступление глубинного тепла, являющегося весьма благоприятным

фактором для развития оптимальных климатических и фитогеоценотических обстановок.

Относительно менее распространенным, но отнюдь не маловажным по своим масштабам являются обстановки, характерные для эвапоритовых толщ. Три основных качества этих образований: высокая теплопроводность, свойство создавать на определенной стадии развития крупные отрицательные структуры (просадки) и склонность к разломообразованию с сопутствующей дегазацией, также благоприятны для накопления крупных масс растительности. Месторождения, приуроченные к соленосным толщам, отличаются огромными мощностями угольных пластов. Немало также залежей углей, приуроченных к карстовым структурам. Думается, в двух последних случаях действуют один и тот же принцип: высокая теплопроводность, свойственная карбонатам: склонность к трещиноватости и разломообразованию и процесс дегазации. Не исключено, что возникновение аридных обстановок и образование соленосных толщ обусловлено предшествующим угленакoppiением. В частности, процесс бурного развития фитоценозов в теплые эпохи, завершившийся из-за возникшего дисбаланса между поступлением CO_2 и его возросшим потреблением растениями, мог привести к возникновению аридных обстановок. Возможно, этим объясняется наблюдаемое на протяжении второй половины фанерозоя факт размещения аридных зон вслед за завершившимся процессом угленакoppiения. Тем самым, решающим образом выступает тепловая энергия недр – с одной стороны вулканическая активность, значительно меняющая тепловой баланс биосферы, а с другой, процесс дегазации, длительность которой контролируется интенсивностью и проницаемостью разрывных дислокаций. На протяжении фанерозоя, эпохи вулканизма, судя по объемам масс вулканических пород, опережает во времени глобальное угленакoppiение, чем и можно объяснить наличие на земном шаре глобальных поясов угленакoppiения сопряженных со складчато-подвижными зонами континентов соответствующих эпох.

Таким образом, основные факторы углеобразования – климатические, фитогеоценотические и ландшафтные, в значительной мере обусловлены интенсивностью поступления в верхние оболочки литосферы глубинных ресурсов углекислоты и других парниковых газов, регулирующих тепловой баланс биосферы и атмосферы. А при наличии соответствующих ландшафтов и оптимальных скоростей осадконакoppiения обеспечиваются благоприятные обстановки для аккумуляции больших масс ОБ.

Использование упомянутых признаков в качестве поисковых, вполне целесообразно при прогнозировании закрытых глубокозалегающих толщ – потенциальных источников горючего газа. Аргументом в пользу этого можно назвать известные гиганты, какими являются месторождения: Уренгойское, Заполярное, Гронинген, а также крупные месторождения Китая, США и др., где основным генератором газа являются угленосные отложения.

РОЛЬ ПЛАНЕТАРНОЙ МАГМОФЛЮИДОДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ЗЕМЛИ В ТЕКТОГЕНЕЗЕ, БАССЕЙНО-И НАФТИДОГЕНЕЗЕ

Д.А. Астафьев

ООО «Газпром ВНИИГАЗ»

By virtue of seismic data, the presence of the planetary magma-fluid-dynamic system, which determines the tectogenesis throughout the Earth crust and mantle, including generation of rifts, oil-gas basins, hydrocarbons and Earth degassing, has been proved.

Несмотря на гигантский прогресс в получении новой информации о глубинном строении недр Земли с помощью геофизических методов, в частности, сейсмотомографии, ГСЗ, региональных грави-, магнито- и сейсморазведочных работ, а также информации о планетарных геодинамических процессах на поверхности и в верхней части земной коры, полученной с помощью методов космической геодезии, о деталях строения континентов и океанов, осадочных бассейнов и орогенов, изученных с помощью глубокого и сверхглубокого бурения, остаются нерешенными принципиально важные проблемы строения и развития Земли в целом, механизма тектогенеза, его масштаба проявления, глубинных процессов формирования осадочных бассейнов и орогенов, континентогенеза и океаногенеза, дегазации глубоких недр, генезиса углеводородных газов и нефти. Остаются не доказанными процессы подпитки сформированных залежей УВ. В практическом отношении не решены такие важнейшие проблемы, как прогноз катастрофических землетрясений, изменений уровня воды во внутриконтинентальных морях, например, в Каспийском море, повышение достоверности количественной оценки ресурсов УВ и опережающий прогноз крупных и гигантских месторождений в малоизученных бассейнах.

Решение указанных проблем возможно на основе концепции коромантийной геодинамики, базирующейся на фактах охвата геодинамическим процессом всего объема вещества Земли, в частности, коромантийной оболочки [1, 2]. Такая концепция учитывает не только расслоенную структуру литосферы и мантии, но одновременно и установленную в последние годы их столбчатую структуру [4]. Столбчатая структура коромантийной оболочки обусловлена процессами неравномерного гравитационного дайвинга коромантийного вещества, особенно под поясами субдукции, в меньшей степени под рифтовыми системами континентов, вероятно, под орогенами. Аналогичная столбчатая структура наблюдается также в поясах и областях постоянно действующего дискретного и неравномерного апвеллинга мантийного вещества и спрединга океанической литосферы.

Кроме того, по накопленным материалам GPS-съемок определены направления и скорости движения фактически всех литосферных плит континентов и островов. Общую картину поверхностной геодинамики Земли отражает карта Минстера-Джордана, совмещенная с данными, полученными по международной программе «Литосфера». Учитывая внутриконтинентальные замеры скоростей, а также замеры движения вулканических островов и островных дуг, эта карта, совмещенная с тектонической картой Мира, позволяет сделать вывод о существовании не только разрозненных литосферных плит, но и хорошо организованных группировок литосферных плит, существование и движение которых опре-

деляется законами конвекции. Наиболее крупная группировка включает Африканскую, Аравийскую, Евразийскую, Австралийскую и Западно-Тихоокеанскую литосферные плиты, которые стягиваются (аккретируют) к Альпийско-Гималайско-му складчато-надвиговому орогенному поясу, сочленяющемуся с Евразийским и Океанийским поясами субдукции.

Второй группировкой литосферных плит является Американско-Гренландская, включающая Южно- и Северо-Американские, Гренландскую, Наска и Хуан-де-Фука плиты, которые стягиваются Кордильеро-Андийским поясом и Карибской зоной субдукции. Самостоятельной и обособленной является Антарктическая плита. Указанные группировки литосферных плит и обособленная Антарктическая плита сопряжены между собой по осевым линиям океанических поясов апвеллинга-спрединга. В таком понимании и разграничении указанные группировки и обособленная Антарктическая плита представляют собой отчетливо выраженные конвективные ячейки Бенара g-типа, в которых восходящие потоки (апвеллинг) образуют периметр, а нисходящие (дайвинг) тяготеют к внутренним зонам ячейки.

Литосферные плиты, а точнее коромантийные сектора, наращивают свою площадь и объём в поясах или зонах апвеллинга-спрединга за счет вертикальных наслоений магматического вещества в результате кристаллизации магмы. Полное для океанических и частичное поглощение для континентальных коромантийных секторов происходит в поясах и зонах дайвинга (это пояса и зоны субдукции, орогенеза, рифто- и бассейногенеза) за счет гравитационного погружения столбчатых тел на очаги плавления в подошвенном слое мантии – D'' . В вертикальном разрезе от дневной поверхности до слоя D'' в строении земной конвективной ячейки по сейсмологическим данным выделяется твердофазная толща в объеме литосферы и большей части мантии до слоя D'' в ее подошве. В верхней мантии фрагментарно прослеживается пластичный астеносферный слой, частично, примерно на 7 %, расплавленный, что и обеспечивает его пластичность.

От идеальных конвективных ячеек Бенара земные отличаются отсутствием симметрии, сложными границами поясов и областей апвеллинга и дайвинга латеральной расслоенностью и вертикальной столбчатостью, сложным фрактальным строением в объёме, преобладанием толщи (2500–2700 км) твёрдофазной верхней части коромантийной оболочки над пластичной (слой D'' 100–400 км) нижней частью.

Подошвенная часть земной конвективной ячейки, представленная пластичным слоем D'' , являющимся, вероятно, транзитным для латерального движения мантийных расплавов от поясов дайвинга на постоянно действующую подпитку апвеллинга в поясах спрединга. Этот слой по сейсмологическим данным также расслоен и изменчив в толщине. Утолщения и расслоенность наблюдаются под осадочными бассейнами, поясами и зонами дайвинга и апвеллинга. На слой D'' фактически опирается твердофазная часть коромантийной оболочки. Гипсометрия подошвы слоя D'' по сейсмотомографическим данным имеет перепад до 10 км. Прогнутые до 4-х км относительно идеальной поверхности внешнего ядра области подошвы слоя D'' расположены под поясами дайвинга, а приподнятые до 6-ти км – под поясами апвеллинга, что способствует движению мантийных расплавов из погруженных областей в приподнятые. Это движение мантийного вещества очевидно дискретно как в объёме и по латерали слоя D'' , так и во времени, точно так же, как и движение твердофазных верхних частей коромантийной оболочки в границах земных конвективных ячеек, с той лишь разницей, что их движение происходит от поясов спрединга к поясам и областям дайвинга. Кроме то-

го, скорость движения твердофазных частей океанических коромантийных плит существенно (в 2–5 раз и более) превышает скорость движения континентальных коромантийных секторов, то есть они более интенсивно подвергаются деструкции, что и обуславливает смену океанических коромантийных секторов за 140–150 млн лет. Учитывая возраст Земли ~4,6 млрд лет, можно сделать вывод, что полное обновление океанических коромантийных секторов произошло 30 раз, возможно и более, так как на ранних этапах эволюции более горячей Земли конвекция могла быть более интенсивной. Это и обеспечило полноценный отвод эндогенной тепловой энергии, а вместе с этим обеспечило активную геодинамику и формирование всего разнообразия тектонических структур, включая осадочные бассейны и орогены.

В отличие от океанических коромантийных секторов континентальные сектора в поясах дайвинга наращиваются по площади и в объеме за счет рециклинга, обусловленного формированием вулканических дуг, задуговых, междуговых, преддуговых осадочных бассейнов и последующей их аккреции с превращением в складчато-надвиговые системы. С учетом неоднократных последующих циклов денудации, рифто- и бассейногенеза они вошли в состав молодых и древних платформ.

Частичное разрушение континентов с возвратом корового вещества в мантию в процессе коромантийного дайвинга происходит в областях окраинно-континентального и континентального рифтогенеза, бассейногенеза в целом с последующей аккрецией и формированием горноскладчатых поясов и областей стабильной молодой континентальной литосферы. Наиболее интенсивно процесс деструкции континентальных коромантийных секторов происходит в современных геосинклинальных и орогенических поясах и областях. Во всех случаях деструкция (рифто- и бассейногенез), а затем аккреция и орогенез коромантийных океанических и континентальных коромантийных секторов сопровождаются встречным восходящим магматизмом с активной дегазацией недр.

Под осадочными бассейнами эти процессы приводят к дифференциации литосферы на погруженные (в рифтах) и менее погруженные (межрифтовые) блоки (столбчатые тела), формирующие тектонический облик (каркас) осадочных бассейнов. На синрифтовом этапе и последующем этапе надрифтовой депрессии тектонические структуры фундамента и осадочного чехла формируются конседиментационно, а на этапе последующей аккреции структуры формируются инверсионно. В составе мантийных флюидов в литосферу, в частности, в консолидированную земную кору и осадочный чехол внедряются, среди прочих газов, большие объемы водорода, который гидрирует органическое вещество, способствуя выделению больших объемов газообразных и жидких УВ. Во всех нефтегазоносных бассейнах Мира наиболее крупные и уникальные зоны нефтегазоаккумуляции приурочены к межрифтовым, внутририфтовым, межразломным и приразломным блокам.

Таким образом, области и пояса дайвинга коромантийного вещества, инициирующие встречный восходящий магматизм, транзитный слой D'' на разделе ядромантия и пояса авеллинга-спрединга образуют планетарную магмофлюидодинамическую систему, которая обеспечивает функционирование конвективных земных ячеек (рисунок), а следовательно, весь планетарный тектогенез и в значительной степени (за счет поступления в осадочную толщу глубинного водорода) нефтидогенез. Элементами этой системы с медленным дайвингом и встречным восходящим магматизмом являются континентальные рифтовые системы, оса-

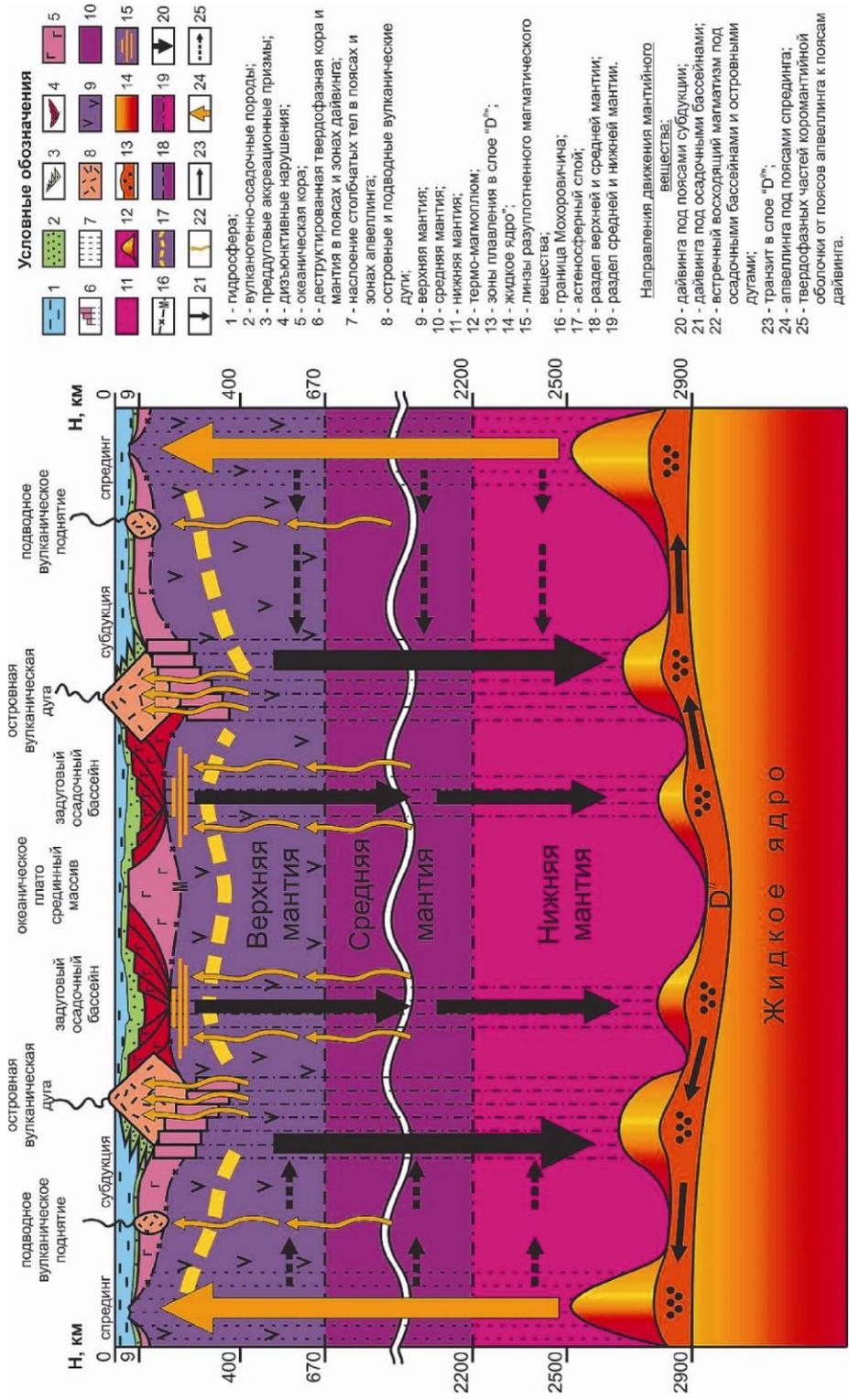


Рисунок. Модель конвективной ячейки в коромантийной оболочке Земли и формирование осадочных бассейнов в геосинклинальных зонах начального этапа развития (составил Д.А. Астафьев)

дочные бассейны и орогены. В океанах аналогичными элементами являются области вулканизма, а также рифтогенеза на океанических плато, например, плато Шатского. Эта же планетарная магмофлюидодинамическая система обеспечивает эффективный отвод эндогенной тепловой энергии, выделяющейся на разделе ядро-мантия, а также циклический процесс формирования и распада Пангей [3].

Разрушительные глубинные землетрясения являются результатом компенсации интенсивного неравномерного дайвинга и растяжения (вертикального или субвертикального) коромантийных столбчатых тел в поясах и зонах субдукции, современного орогенеза и рифтогенеза. Инструментальный контроль и мониторинг этих процессов обеспечат возможность прогноза катастрофических сейсмических событий.

Литература

1. *Астафьев Д.А.* Группировки коромантийных плит в современной геодинамике Земли. Фундаментальные проблемы геотектоники. Материалы XL Тектонического совещания Межведомственного тектонического комитета РАН. М.: ГЕОС, 2007. С.31-35.

2. *Астафьев Д.А.* Экстремальные состояния геодинамики Земли./ Фундаментальные проблемы геотектоники. Материалы XL Тектонического совещания Межведомственного тектонического комитета РАН. М.: ГЕОС, 2007. С. 36-39.

3. *Астафьев Д.А.* Причины формирования и распада Пангей // Тектоника и геодинамика складчатых поясов и платформ фанерозоя. Том 1. Материалы XLIII Тектонического совещания Межведомственного тектонического комитета РАН. М.: ГЕОС, 2010. С. 25-29.

4. Широкоугольное сейсмическое профилирование дна акваторий. В 2 ч. Ч. II. Внутренняя структура океанской земной коры по данным многоканального глубинного сейсмического профилирования / Ю.А. Бяков, И.Ф. Глузов, Л.И. Коган, и др. М.: Наука, 2001. 293 с.

СЕДИМЕНТОЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ СОВРЕМЕННОЙ ДЕФЛЮИДИЗАЦИИ ГРАБЕН-РИФТОВОЙ СИСТЕМЫ ЧУКОТСКОГО МОРЯ

А.С. Астахов, А.Н. Колесник

Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, Владивосток

The chemical composition, distribution and textures of bottom sediments of the Chukchi Sea and adjacent Arctic Basin were investigated. The data were interpreted by methods of multivariate statistics. Some sediment clusters and anomalous samples not corrected to model of terrigenous and biogenic sedimentation were revealed. They were interpreted as zones of recent submarine defluidization of the Earth Crust.

Наиболее значимым результатом изучения геологического строения Чукотского моря в последние десятилетия было выявление системы субмеридиональных и субширотных рифтогенных грабенов (рис. 1), сформированных в мезозое – раннем кайнозое [6]. Позднее было установлено, что центральная часть этой системы приурочена к району современного растяжения земной коры [3]. Имеются

и другие признаки современной (позднекайнозойской) ее активизации [2, 5, 7, 8].

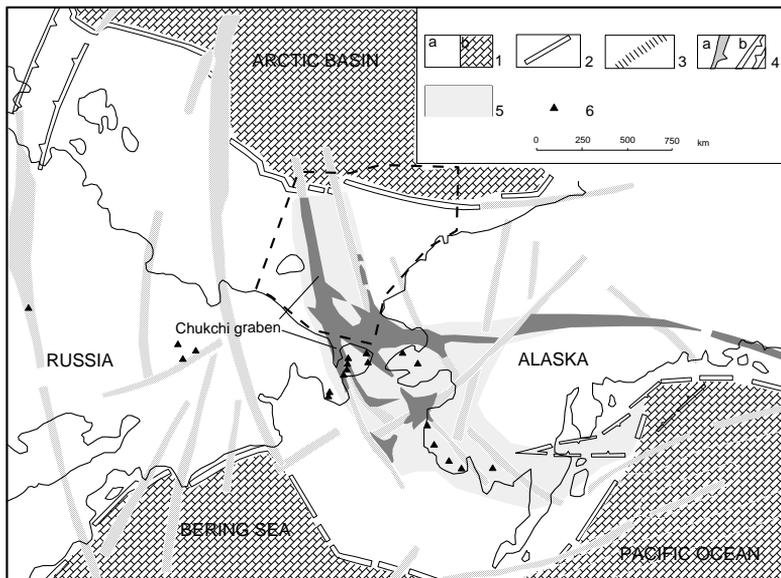


Рис. 1. Местоположение района исследований (выделенный фрагмент) и грабен-рифтовая система Чукотского моря в области взаимодействия Арктической и Тихоокеанской переходных зон (по [6]).

1 – области с континентальной и субконтинентальной (а) и океанической и субокеанической (b) корой; 2 – континентальная флексура; 3 – крупнейшие пояса разломов сдвига-раздвиговой природы; 4 – раздвиговые структуры (а – Чукотско-Берингоморская и Аляскинская системы грабен-рифтов, b – рифтогенные зоны моря Лаптевых и залива Аляска); 5 – области непосредственного взаимодействия (сдвига-отрыва) переходных зон; 6 – проявления кайнозойского вул-

низма на суше (по [4, 8])

Основные структуры грабен-рифтовой системы так или иначе выражены в рельефе дна: они определяют контуры Южно-Чукотской впадины, занимающей всю южную часть моря, конфигурацию береговой линии в районе Берингова пролива и Восточной Чукотки, наличие серии узких субмеридиональных желобов на шельфе к северу от банки Геральд, возможно продолжаются на материковом склоне арктического бассейна как Чукотская котловина. Среди нетектонических структур этой системы наиболее известен «Чукотский грабен», протягивающийся от Восточной Чукотки на юге до, по крайней мере, желоба Геральда в Чукотском море на севере (рис. 1). Часть его, известная как Колочинско-Мечигментская зона, находится на суше Восточной Чукотки и хорошо изучена. Здесь выявлены позднекайнозойские вулканы [5, 7] и многочисленные гидротермальные источники с температурой изливающихся вод до 97°C [4]. Гидротермальные источники этой зоны отличаются от других на Чукотском полуострове по составу газов с аномальным количеством признаков содержанием мантийных компонент [4, 5].

Для получения информации о современной дефлюидизации земной коры Чукотского моря был изучен химический состав донных осадков и проанализирован с целью установления специфических особенностей, определяемых тектонической акти-

визацией региона. Это основывалось на предположении о продолжающемся в настоящее время процессе рифтогенеза в Чукотском море и подобии современных геологических процессов в сухопутной части грабен-рифтовой системы и на ее морском продолжении. Предполагалось, что некоторые особенности осадконакопления могут определяться формированием в пределах развивающихся грабенов локальных впадин с высокими скоростями осадконакопления и влиянием эндогенных источников, как гидротермальных, так и в различной степени охлажденных при прохождении флюидов через осадочный чехол. При этом могли формироваться специфические гидрхимические условия в придонных или иловых водах в пределах зоны тектонической активизации, в том числе благоприятные для накопления и сохранения в осадках органического вещества и других биогенных элементов, накопления рудных элементов и формирования специфических комплексов раннедиагенетических минералов.

При обработке полученных данных, в том числе с использованием методов многокомпонентной статистики, установлено, что основными факторами, определяющими химический состав осадков, являются разделение терригенного вещества по гранулометрическому составу и биогенное осадконакопление. Последнее определяет распределение $C_{орг.}$ (до 2.4 %) и $SiO_2_{ам.}$ (до 12 %) на шельфе южной части моря, кальция и магния на возвышенностях в глубоководном бассейне. При этом в локальных впадинах, соответствующих отдельным структурам грабен-рифтовой системы в южной части моря отмечены максимальные содержания $C_{орг.}$, биогенного опада и бария.

Терригенная зональность осадконакопления хорошо проявляется в распределении кремния, характерного для песчаных осадков, и алюминия, калия, натрия – типичных элементов глинистых осадков. Железо, марганец и большинство микроэлементов также накапливаются в глинистых осадках, содержащих компоненты концентраторы – тонкодисперсные глинистые минералы, органическое вещество, гидроксиды железа и марганца, тонкодисперсные сульфиды железа. Однако в распределении Fe, Mn, Ni, V, Zn, Hg, Co, Cu сказывается и существование специфических условий на отдельных участках морского дна (рис. 2) в пределах структур грабен-рифтовой зоны. Помимо общего повышенного фона содержаний этих элементов здесь выявлены и локальные участки с очень высоким или аномальным содержанием многих элементов, в том числе благородных металлов [1].

Результаты исследований подтверждают геологические данные о современной геодинамической активности грабен-рифтовой системы шельфа Чукотского моря и дают основания предполагать ее в пределах глубоководной Чукотской котловины.

Литература

1. Астахов А.С., Горячев Н.А., Михалицына Т.И. Об условиях формирования обогащенных золотом горизонтов рудовмещающих черносланцевых толщ (на примере пермских и современных морских отложений северо-востока Азии) // ДАН. 2010. Т. 430. № 2. С. 212-217.
2. Геология и полезные ископаемые шельфов России (атлас) / Под ред. М.Н. Алексева. М.: ГЕОС, 2002.
3. Леви К.Г., Шерман С.И., Саньков В.А. Современная геодинамика Азии: карты, принципы составления, геодинамический анализ // Геотектоника. 2009. № 2. С. 78-93.
4. Поляк Б.Г., Дубинина Е.О., Лаврушин В.Е., Чешко А.Л. Изотопный состав воды гидротерм Чукотки // Литология и полезные ископаемые. 2008. № 5. С. 480-504.

5. Поляк Б.Г., Лаврушин В.Е., Чешко А.Л. Локализация новейшего магматизма на востоке Чукотки (по данным об изотопах He, Ar, C, N в газах гидротерм) // Геология полярных областей земли. Материалы XLII Тектонического совещания. Т. 2. М.: ГЕОС, 2009. С. 344.

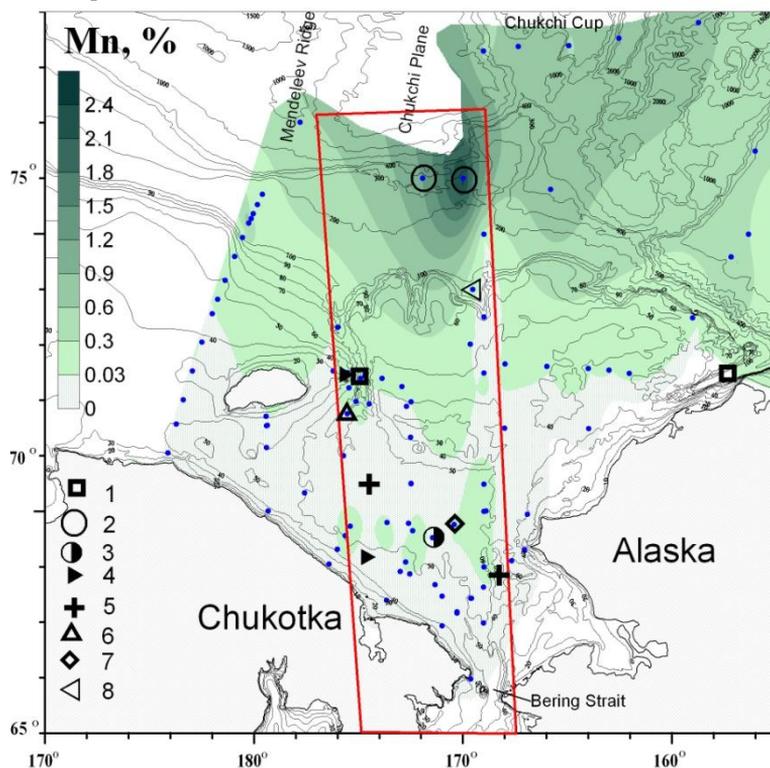


Рис. 2. Содержание марганца в поверхностных осадках Чукотского моря и примыкающих акваторий.

Четырехугольником показана зона современной рифтогенной деструкции земной коры, выделенная по геологическим и геоморфологическим данным, точками – места отбора проб донных осадков.

1-8 – пробы с аномально высоким или повышенным содержанием рудных элементов и аутигенной минерализацией: 1 – Fe и железомарганцевые конкреции, 2 – металлоносные осадки с аномальным содержанием Mn и высоким Ni, Zn, Co, Hg, As; 3 – Au; 4 – Ag; 5 – платиноиды; 6 – Zn; 7 – Co; 8 – аномальная проба по макроэлементному составу.

6. Сенин Б.В., Шитлов Э.В., Юнов А.Ю. Тектоника арктической зоны перехода от континента к океану. Мурманск: Кн. изд-во, 1989. 176 с.

7. Смирнов В.Н., Кондратьев М.Н. Кайнозойский рифтогенез на Чукотском полуострове // Геология полярных областей земли. Материалы XLII Тектонического совещания. Т. 2. М.: ГЕОС, 2009. С. 195-199.

8. Яшин Д.С., Ким Б.И. Геохимические признаки нефтегазоносности восточно-арктического шельфа России // Геология нефти и газа. 2007. № 4. С. 25-29.

НЕКОМПЕНСИРОВАННЫЕ СЕДИМЕНТАЦИОННЫЕ БАСЕЙНЫ СЕРОВОДОРОДНОГО ЗАРАЖЕНИЯ КАК ИНДИКАТОРЫ ПРОЦЕССОВ ГЛУБИННОЙ ДЕГАЗАЦИИ

Я.Г. Аухатов, Л.М. Ситдикова, П.В. Изотов, В.Г. Изотов

420008 г. Казань, ул. Кремлевская, 18, Казанский Государственный Университет,
геологический факультет

Areas of lowering of not compensated type in sedimentary pools supervise placing of deposits of hydrocarbons, gases with hydrogen sulfide, sulphur, coal and ore minerals. Thus potentially petroparent adjournments of domanic type are formed in stages not compensated sedimentary, and coals in stages compensated sedimentary. Domanic adjournments are formed in areas of lowering not compensated having the complicated communication with oceanic waters. At open communication pools with oceanic waters there are carbon-siliceous, slate adjournments supervising placing of phosphorites and many groups of minerals.

В настоящее время большое влияние уделяется исследованию формаций зон сероводородного заражения древних и современных осадочных бассейнов, относящихся к некомпенсированному типу. Как известно эти формации несут комплекс важнейших видов полезных ископаемых (золото, уран, редкие металлы), а с другой стороны рассматриваются как нефтематеринские и флюидоупоры.

Древние седиментационные бассейны сероводородного заражения тесно связаны с некомпенсированным осадконакоплением с формированием отложений обогащенные органическими веществами (доманиковый, углеродисто-кремнистый и т.д.). Образование этих формаций связано с определенными геодинамическими этапами развития литосферы. Формирование углеродисто-кремнистых формаций связано с расколом континентов и формированием океанических бассейнов при преобладании магматизма базальтового типа. Формирование доманиковых формаций связано с этапами сжатия и преобладанием андезит-дацитового магматизма. То есть, возникновение углеродисто-кремнистой формации сопряжено с некоторым запозданием осадконакопления по отношению к циклам и фазам магматизма, что определяет их минерагеническую специализацию (Аухатов, 1979, 1981).

Современным седиментационным бассейном некомпенсированного осадконакопления с сероводородным заражением водного бассейна является Черное море. Причиной сероводородного заражения одни исследователи считают биогенный, а другие поступление эндогенного сероводорода в результате дегазации Земли. Области опускания, к которым приурочено некомпенсированное осадконакопление, в геологической литературе известны как «иловая» или «доманиковая» впадина, некомпенсированный прогиб и аккумуляционно-топографическая впадина (по М.М. Грачевскому).

Именно интенсивность вулканизма, по Н.М. Страхову (1957), определяла "расцветы и взрывы жизни", количество захороняемого ОВ и в конечном итоге объемы и разновидности формирующихся затем полезных ископаемых. В связи с этим надо отметить, что эпохи накопления органического вещества повторяют с некоторым запозданием этапы магматической активности. Наблюдаемый разрыв объясним, если учесть, что вспышкам органической жизни предшествует интенсивная глубинная дегазация, сопровождаемая вулканической деятельностью и обогащением сидерофильными и халькофильными элементами океанических вод.

Дифференциация химических элементов и рудных компонентов в седиментационных бассейнах происходила в зависимости от физико-химических условий осадконакопления. Геохимический фактор наиболее активно проявлялся, прежде всего, в зонах сероводородного заражения придонного слоя водных бассейнов осадконакопления, создавая зоны геохимических контрастов – барьеров. Сероводородное заражение водного бассейна и придонного слоя создает резерв в водном бассейне одних элементов (фосфор, марганец и др.) и способствует удалению других (молибден, уран, медь и др.) в виде металлоорганических соединений и сульфидов.

Необходимо отметить, что с уменьшением резерва биогенных элементов в водном бассейне, уменьшается объемы накопления органического вещества. Эпохи накопления органического вещества хорошо коррелируется с эпохами накопления полезных ископаемых (фосфориты, марганец, уран, молибден и т.д.) и биогенных пород (карбонаты и др.).

Таким образом, осадочные формации зон сероводородного заражения по геохимической специализации тесно связаны с процессами поступления вещества в флюидной форме в процессе дегазации глубоких горизонтов земной коры и верхней мантии. Характеризуясь резко выраженным восстановительным режимом в стадию седиментогенеза – диагенеза, осадки, а затем и породы этих формаций являются концентраторами халькофильных, радиоактивных и редких элементов, характерных для глубинных зон земной коры. С другой стороны осадочные формации областей некомпенсированного осадконакопления могут быть региональными флюидоупорами на пути движения глубинных флюидных систем в пределах нефтегазоносных провинций. Проведенные литолого-геохимические исследования отложений некомпенсированного осадконакопления свидетельствуют о геохимической специфике осадков зон сероводородного заражения – доманиковые фации девонских отложений, верхнепермские фации лингуловых глин Волго-Уральской НГП, отложения баженовской свиты, сортымской свиты Западно-Сибирской НГП. В ряде случаев такие флюидоупорные горизонты можно рассматривать как молекулярные сита на пути движения глубинных флюидных систем, а зоны повышенной концентрации халькофильных и радиоактивных элементов можно рассматривать как потенциальные месторождения, парагенетически связанные с месторождениями углеводородного сырья.

Литература

1. *Аухатов Я.Г.* Особенности накопления органического вещества в условиях некомпенсированного прогибания и полезные ископаемые // Проблемы осадочной геологии докембрия. Вып. 7, кн. 2. М.: Наука, 1981. С. 16-20.

2. *Аухатов Я.Г.* Формации некомпенсированных областей опускания и связанные с ними полезные ископаемые // Тез. докл. научной сессии ИГБНЦ УрО АН СССР к 100-летию рождения Г.Н. Фредерикса. Уфа, 1989. С. 53.

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТРАТЕГИИ ПОИСКОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Т.Л. Бабаджанов, О.П. Мордвинцев

ОАО «Узбекгеофизика», г. Ташкент, Узбекистан

They distinguished the problem of correlations between mineral deposits and specific objects of consolidated earth crust of Uzbekistan and near territories – geoblocks with contrast seismic and density parameters and flexure-disjunctive zones of north-eastern (antit-jah-shan) trends.

Проблема прогноза размещения месторождений полезных ископаемых (МПИ) является одной из важнейших задач в региональной геологии. Для углеводородного сырья (УВ) прогноз, кроме того, неразрывно связан с вопросами их генезиса, от этого зависит и роль, отводящаяся изучению глубинного геологического строения. Накопившиеся факты однозначно указывают на присутствие УВ неорганического (глубинного происхождения, что делает необходимым совершенствование наших представлений о строении консолидированной коры с учетом современных реалий.

В последние годы для многих нефтегазодобывающих регионов проблема прироста запасов становится архиважной, т.к. вследствие постоянно возрастающей добычи УВ, основные продуктивные толщи уже существенно истощились, а интенсификация процесса по стандартным схемам не приводит к желаемому результату. Кроме того, для укрепления инвестиционной политики, проводимой Узбекистаном, необходимость расширения поискового диапозона, как в плане увеличения площади исследований, так и вовлечение в сферу интересов новых стратиграфических объектов, приобретает важнейшее значение.

Пересмотр геолого-геофизической информации на базе комплексной переинтерпретации, опирающейся на современные идеи, позволил выявить ряд региональных признаков, сопровождающих размещение МПИ, в том числе, и углеводородного сырья [2, 3]. Исследования включали изучение поведения основных структурных границ разреза по данным сейсморазведки; моделирование по гравитационному и магнитным полям для установления особенностей строения доюрских образований промежуточного структурного этажа (ПСЭ) и консолидированной земной коры. В результате определены прямые корреляционные зависимости между характером строения верхней части коры, в частности, выделение геоблоков с контрастными плотностными и скоростными свойствами (аномально высокими и низкими) и размещением месторождений. В плане месторождения (значительное большинство), так или иначе, приурочены к периферийным зонам указанных блоков, тяготея к объектам с высокими петрофизическими характеристиками. Существенно повышает потенциал территории наличие на ней крупных разрывных нарушений, либо узлов пересечения разломов квазиперпендикулярных направлений. Зависимости установлены для Бухаро-Хивинского региона (БХР) – нефть, газ: месторождения Даяхатын, Кульбешкак, Газли, Кокдумалак, Учкыр, Кандым, Уртабулак, Денгизкуль, Памук, Култак и др., и Центральных Кызылкумов – рудные МПИ: Мурунтау, Бесапан, Окжетпес, Барханное, Сульфидное, Триада, Мютенбай, Косманачи, Бельтау и др.).

Расширение исследовательских работ позволило выявить области с указанным характером геологического разреза земной коры во всех нефтегазоперспективных регионах Узбекистана – Арало-Устюртском (АУР), Ферганском, Сурхандарьинском, Среднесырдарьинском (ССД). Причем известные месторождения располагаются с высокой степенью вероятности ($\alpha > 0,7$) именно вблизи обозначенных геоблоков с контрастными петрофизическими параметрами. На Северном Устюрте это месторождения Судочьего прогиба и Куаныш-Коскалинского вала (Сургиль, Учсай-Бердах, Урга, Северная Урга, Арал, Куаныш и др.); на Южном Устюрте – Шахпахты, в Ферганском регионе – Палванташ, Западный Палванташ, Аламышык, Бостон, Чимион, Ханкыз и др. Следует особо подчеркнуть, что на характер установленных связей абсолютно не влияет стратиграфическое положение месторождений – одинаково хорошо вписываются в общую картину, как меловые, так и юрские. Кроме того, практически все установленные нефтегазопрооявления в доюрских комплексах также подчиняются отмеченным закономерностям. Принимая во внимание вертикальную миграцию углеводородов, очень важным представляется вывод о вероятном наличии залежей под уже известными месторождениями, в иных стратиграфических горизонтах. Подтверждением служат месторождения Джаркак, Акджар, Шурчи, Сеталантепа, Шумак, Учкыр, Южный Мубарек и др., где залежи УВ встречаются одновременно в юрских и в меловых отложениях; в ряде случаев отмечена продуктивность и доюрских образований. Выявленные закономерности указывают на вероятное участие углеводородов глубинного (неорганического) происхождения в формировании нефтяных и газовых месторождений.

В пользу сделанных заключений говорят и данные сопоставления схемы размещения геоблоков с аномально высокими петрофизическими параметрами и картой теплового потока по территории БХР, где отмечены прямые соответствия. Выделенные аномалии теплового потока практически все приурочены в плане к указанным объектам (Даяхатын-Кульбешкакский, Газлийский, Ташкудукский, Тегерменский и др.). Отдельные геоблоки не сопровождаются аномалиями теплового потока, что может быть объяснено двояко. Во-первых, нахождением их уже в неактивной фазе, во-вторых, отсутствием конкретных данных по тепловому потоку (плотность съемок низкая и неравномерная).

Особый интерес представляет Сурхандарьинская впадина, с выделенной в 70-х годах прошлого века в районе Баянгора-Майдан, (Ю.Н. Зуев, А.А. Поликарпов) интенсивной – до 100 мВт/м^2 – аномалией теплового потока. Региональными исследованиями последних лет – МОВЗ, геоплотностное моделирование (Д.Х. Атабаев, О.П. Мордвинцев), установлено наличие в нижних горизонтах земной коры под этой аномалией мантийного диапира (плюма), полого воздымающегося в северо-восточном направлении, в сторону крупного газового месторождения Гаджак.

Анализ магнитного и гравитационного полей, комплекта структурных и различных интерпретационных карт позволили выделить на территории Узбекистана и проследить за его пределы флексурно-разрывные зоны (ФРЗ) северо-восточного (поперечного, «антитяньшаньского») простираения с допалеозойским (?) либо нижнепалеозойским заложением и сохранившим активность (по крайней мере, частично) по настоящее время. Вероятность их существования в разное время обсуждалась О.М. Борисовым, Д.П. Резвым, Б.Б. Таль-Вирским, М.А. Ахмеджановым, И.А. Фузайловым, А.К. Бухариным и др., однако предлагаемая интерпретация и роль в геологическом строении принципиально отличается от ранее сделанных предположений [1, 3].

Эти структуры, в сочетании с межзональными разломами, формируют определенную блоковую картину региона, каждый из которых отличается строением, историей геолого-тектонического развития, минерагенией, характером выявленных в их пределах месторождений. Для БХР одной из основных следует считать зону VIII, прослеживаемую к юго-востоку от Бухары. Все месторождения, расположенные северозападнее нее – газовые и газоконденсатные, с практически полным отсутствием нефтяной составляющей. Исключения составляют мелкие по запасам нефтяные месторождения Муллахол и Караулбазар, а также нефтяная оторочка на Газли и Учкыре.

Месторождения, расположенные юго-восточнее зоны VIII практически все сложные по составу: газовые, газоконденсатные, нефтегазоконденсатные, нефтяные. Большинство содержит нефтяную составляющую. Внутри каждого из блоков месторождений УВ отличаются размерами ловушек, формой, расположением, запасами.

Из общих закономерностей следует подчеркнуть одну: все наиболее крупные и уникальные по запасам месторождения, как УВ сырья, так и рудные, тяготеют к осевым частям ФРЗ – это Газли, Шуртан, Доулетабад-Донмез, Шатлык (углеводородные), Мурунтау (золото), Джекказган (медные руды), Мынкудук, Инкай (уран). Газли и Мурунтау вообще располагаются в пределах одной флексурно-разрывной зоны.

Выполненные исследования позволяют рекомендовать на основе установленных и ряда других признаков в качестве перспективных территорий в АУР ряд площадей вдоль Арало-Кызылкумского разлома, а также в северо-восточной части Араломорской впадины (Узбекская часть). На Северном Устюрте первоочередной интерес по доюрским толщам представляют площади Чурукской седловины и западного сектора Косбулакского прогиба. Перспективными следует признать и внутренние территории Барсакельмесского прогиба. В список первоочередных нефтегазоперспективных объектов следует отнести и ССД. В юго-западной её части, в пределах Узбекистана, установлено широкое развитие известняков верхнего палеозоя толщиной от первых сотен метров до одного километра. Предполагаемая мощность образований ПСЭ достигает 1,5–2,0 км, что подтверждается данными регионально-поисковых сейсморазведочных исследований. Перспективность этих территорий подтверждается выявлением на сопредельной Арысской впадины (Республика Казахстан) распространения карбонатов, возможно развитие рифов в известняках карбона, простирающихся на юг. Кроме этого, скважина Арысь-1 вскрыла 1,5-километровую толщу соленосных образований, что представляется идеальной региональной покрывкой. Характер строения потенциальных полей Арысской впадины и сопредельных территорий Среднесырдарьинской депрессии в пределах Узбекистана, вполне сопоставим, что делает вероятным и корреляцию геологических разрезов. Широкое развитие разрывной тектоники, наличия узлов пересечений разломов, в свете последних представлений, ещё больше повышает статус указанной территории.

В БХР перспективность доюрского комплекса подтверждается многочисленными нефтегазопроявлениями из указанных толщ, особенностями геологического разреза. К первоочередным следует отнести площади под уже известными месторождениями, а также области развития карбонатных образований на доюрской поверхности.

Литература

1. Бабаджанов Т.Л., Мордвицев О.П. Дизъюнктивно-пликативные поперечные структуры Тянь-Шаня: их выделение и роль в домезозойской геологии региона // Сб. докл. Геофизика XXI столетия: 2006 г. М., 2006. С. 37-42.
2. Бабаджанов Т.Л., Ким Г.Б., Мордвицев О.П., Рубо В.В., Хасанов Р.Р., Сидорова И.П. Аномальные геоблоки литосферы и их связь с нефтегазо- и рудообразованием (на примере Центральных регионов Средней Азии). Сб. докл. Геофизика XXI столетия: 2003–2004 гг. М., 2005. С. 219-226.
3. Бабаджанов Т.Л., Мордвицев О.П., Бабаджанов А.Т., Хасанов Р.Р. Новый подход к прогнозированию размещения месторождений полезных ископаемых на основе глубинных критериев // Мат. Межд. Научно-прак. Конф. «Теоретические и практические аспекты нефтегазовой геологии Центральной Азии и пути решения соврем. проблем отрасли», Ташкент, 12 окт. 2009. С. 56-58.

СОВРЕМЕННЫЙ ВУЛКАНИЗМ – ОСНОВНОЙ ПРОЦЕСС ДЕГАЗАЦИИ ЗЕМЛИ И ФОРМИРОВАНИЯ ФЛЮИДОГЕННЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ В ТОМ ЧИСЛЕ НЕФТИ И ГАЗА

М.В. Багдасарова

ИПНГ РАН

The world data on the composition of the Earth`s interior and geochemistry of hydrothermal systems are systematized; these data testify that formation of oil and gas pools and geological features of their occurrence are the inevitable consequences of the processes of Earth`s outgassing.

Последние 30 лет по инициативе академика П.Н.Кропоткина периодически проводятся международные конференции и семинары, на которых обсуждаются процессы дегазации Земли в связи с тектоникой, геодинамикой и миграцией глубинных флюидных систем, формирующих рудные и нерудные полезные ископаемые, в том числе нефть и газ (Дегазация Земли и геотектоника..., 1975–2008). При обсуждении этой проблемы впечатляет грандиозные масштабы планетарных явлений дегазации, которая определяет как лик нашей планеты, так и скопления разнообразных полезных ископаемых. Самым ярким и очевидным явлением дегазации глубинных сфер Земли является вулканизм, масштабы которого до последнего времени явно недооценивались. По данным вулканологов только на суше известно более 600 вулканов, извержения которых происходило в историческое время и более 800 потухших вулканов. Ареной мощной вулканической деятельности являются глубины океанов и морей. По данным зарубежных исследователей и отечественных океанологов только на дне Тихого океана установлено более 10 тысяч вулканических конусов. Все острова океании вулканического происхождения. Как это происходит теперь хорошо известно по истории Исландии, которая является островом, возникшим из срединного океанического хребта Атлантики и до сих пор продолжает расширяться за счет вулканической деятельности.

Нет сомнения в том, что именно вулканический процесс сформировал и продолжает формировать, как земную кору, так гидросферу и атмосферу Земли, а глу-

бинные разломы, которые выявлены геофизическими методами и при дистанционном изучении Земли, как и на других планетах земной группы, являются основными дренажными системами при дегазации глубинных сфер.

По интенсивности дегазации следует рассматривать два случая или два типа эндогенных режимов: 1 – когда энергия глубин вырывается на поверхность в виде магматического расплава и 2 – когда магма до поверхности Земли не доходит и локализуется в виде даек и других магматических тел внутри фундамента или осадочного чехла, что встречается значительно чаще. В этом случае до поверхности доходят только сопровождающие вулканизм флюидные системы – водные растворы и газы (верхняя часть гидротермальной колонны). Наиболее интенсивные проявления такого режима – мощные гидротермальные рудоносные струи на дне океана в зонах глубинных разломов, и грязевой вулканизм, широко распространенный в зонах интенсивного кайнозойского осадконакопления, как на суше, так и на дне морей и океанов. Последний также контролируется глубинными разломами. Как известно, в выбросах грязевых вулканов много углеводородных газов и рудоносных растворов. Основное различие в этих двух явлениях заключается в особенностях предшествующего вулканизма.

В рифтовых зонах на дне Атлантики и Тихого океанов горячим минерализованным струям (разного рода «курильщики») предшествовал основной и щелочной вулканизм – излияния базальтов, формирующих дно океанов. Выносилось много щелочей и галоидов. Как показывают океанологи, соленость гидротермальных струй обычно выше солености океанской воды. Такие современные гидротермальные проявления обогащают воды кальцием, магнием, что позволяет биоте строить свои раковины из кальцита, образовывать рифовые биоценозы, происходит накопление карбонатных пород и солей (как это изучено в Красном море, где впервые были встречены выходы горячих рудоносных соленых растворов.).

При извержении грязевых вулканов на дне морей и океанов, по сведениям океанологов, водный раствор выносимых струй по солености обычно ниже, чем в морской воде. Эти проявления гидротерм характерны после более кислого андезитового вулканизма, следы которого находят в брекчиях грязевых вулканов, а сами они располагаются во впадинах, примыкающих к складчатым областям с проявлениями более кислого андезитового вулканизма.

Проникновение глубинных газов по наиболее проницаемым зонам разломов доказано гелиометрической съемкой, которая проводилась на больших территориях с целью поисков урановых месторождений. Оказалось, что аномалии гелия в приповерхностных отложениях отражают не присутствие радиоактивных минералов, а проводимость глубинных разломов (И.Н. Яницкий, 1989). Постоянный поток глубинных газов по проницаемым зонам разломов является проявлением дегазации глубинных сфер Земли. Он встречается в горных выработках рудных месторождений, угольных шахтах, приводящих к горным ударам – взрывам газов. Еще в начале семидесятых годов на примере Донбасса А.Т. Донабедовым и В.А. Сидоровым было показано, что наиболее взрывоопасные участки шахт располагаются в зоне тех разломов, которые активно развиваются в настоящее время и проявляются в современных движениях земной поверхности. Их можно определить на поверхности геодезическими методами. Этот интересный вывод был доложен на Международном конгрессе и лег в основу программы комплексного изучения современной динамики разломов и миграции флюидов в их пределах на специальных геодинамических полигонах в разных нефтегазоносных регионах с целью выявления новых прогностических признаков продуктивности на нефть и

газ геологического разреза. Работы проводились Геофизической лабораторией ИГиРГИ под руководством В.А.Сидорова и финансировались Министерством нефтяной промышленности.

Геодинамические полигоны были организованы на древней платформе (в Припятской впадине, Камском своде) в Предуральском и Терско-Каспийском прогибах, в Среднем Приобье, Закавказье и др. Закладывались сети пунктов для геодезических и геофизических наблюдений, проводились систематические измерения современных движений земной поверхности методом высокоточного нивелирования и светодальномерных измерений и наблюдения изменчивости во времени гравитационного и магнитного полей. С 1980 г. проводились комплексные геохимические работы и режимные наблюдения поля гелия в водах четвертичных осадков и в газах нефтяных залежей. Методика работ и основные результаты опубликованы в монографиях В.А. Сидоров и др. (1987 и 1989).

Результаты многолетних комплексных измерений современной динамики разломных зон и миграции флюидных систем в их пределах оказались весьма впечатляющими и заставили пересмотреть многие устоявшиеся догмы геологической науки, понять механизмы формирования флюидогенных месторождений полезных ископаемых, оценить роль глобальных природных процессов дегазации глубинных сфер Земли, роль вулканизма и поствулканических гидротермальных процессов в формировании коллекторов нефти и газа и локализации нефтяных скоплений.

В разных регионах было установлено, что зоны нефтегазонакопления приурочены к тем глубинным разломам, которые наиболее активны в настоящую эпоху. Они характеризуются более интенсивными современными движениями земной поверхности, изменчивостью во времени гравитационного и магнитного полей, более напряженным температурным полем и активной вертикальной миграцией флюидных систем, иногда вплоть до поверхности, которую можно измерить геофизическими и геохимическими методами. Было показано, что процессы нефтенакопления происходят и в современную эпоху, пополняя запасы нефти и газа и связаны флюидные потоки с глубокими зонами коры и верхней мантией, которые и являются источниками флюидов.

Так например, в Припятской впадине, являющейся западным звеном протяженной системы прогибов рифтовой природы в теле Сарматского щита Восточно-Европейской платформы, было установлено, что Северная структурная зона, которая содержит все промышленные залежи нефти, в настоящее время испытывает устойчивый подъём и наиболее высокоградиентные колебания поверхности. Установлены также и зоны изменчивости во времени гравитационного и магнитного полей, свидетельствующие о процессах, происходящих как в осадочном чехле, так и фундаменте. Анализ температурного поля показал, что максимальные температуры характерны также для Северной структурной зоны, а исследования глубинного строения впадины выявили аномальные значения скорости прохождения сейсмических волн на глубинах 30, 70 и 100 км, что свидетельствует о пониженной плотности нижней части коры и верхней мантии и ее газонасыщенности. В последние годы такие аномалии верхней мантии и коры установлены во многих нефтегазоносных регионах (Н.К. Булин, А.В. Егоркин, 2000).

Строение впадины определяется глубинными разломами, образующими ступени кристаллического фундамента, амплитудой до 1,5 км, при которых фундамент погружается до 5–6 км. Осадочный комплекс сложен вулканогенным и кар-

бонатно-соленосным комплексом верхнего девона, который составляет 2/3 осадочного выполнения и карбонатно-терригенными породами верхнего палеозоя и мезозойскими осадками Вулканиты представлены основными, ультраосновными и щелочными разностями лав подводных излияний. Нефть локализуется в сильно измененных вторичными процессами карбонатных породах верхнего девона. Емкостью служат вторичные поры, каверны и трещины. Сильно развит соляной метасоматоз, при котором замещены солью многие карбонатные прослои. Коллектора приурочены к зонам разрывных нарушений. За пределами нарушений – породы плотные и непроницаемые, а пробуренные скважины – «сухие».

Флюидные системы осадочного чехла впадины помимо нефти содержат рассолы высокой минерализации с содержанием многих глубинных элементов – литий, рубидий, цезий, бром и др. Особенно высоко минерализованы рассолы вблизи фундамента (400–600 г/л). Мигрируя вверх по разрезу по проницаемым зонам разрывных нарушений при изменении РТ условий из рассолов выпадает соль в твердую фазу, которая, видимо, и создает установленные вариации гравитационного поля. Этот процесс наблюдается в породах (кристаллическая соль в трещинах известняков) и геологическом разрезе – раздувы мощности солей в приразломных зонах, выпадение солей в трубах наблюдательных скважин в виде пробок на гипсометрическом уровне нижней соленосной толщи. Таким образом, нашло подтверждение гипотезы глубинного происхождения солей, сформулированной Н.А. Кудрявцевым и Л.М. Бириной более 50-ти лет назад.

Проведенные в Припятской впадине геохимические съёмки по приповерхностным отложениям установили углеводородные аномалии в районах выхода на поверхность разрывных нарушений и зон трещиноватости, которые в плане располагаются вблизи нефтяных залежей на глубине. Водогелиевая съёмка выявила аномалии гелия в зонах пересечения наиболее крупного Речицкого разлома с поперечными нарушениями. Таким образом газы глубинного потока доходят до поверхности и фиксируются приборами. Режимные наблюдения аномалий гелия в четвертичных горизонтах показали изменчивость интенсивности аномалий, а режимные наблюдения гелия в попутных газах месторождений и изменений плотности нефти выявили пульсационный характер изменений геохимических параметров и сопряженность их с интенсивностью движений земной поверхности и изменчивости гравитационного поля во времени.

Проведенные исследования подтвердили инструментально современную динамику геологической среды и миграцию флюидов из глубоких горизонтов фундамента, а также связь зоны нефтенакпления с особенностями состояния мантии.

Литература

Сидоров В.А., Атанасян С.В., Багдасарова М.В. и др. Современные движения земной коры и нефтегазоносность (на примере Терско-Каспийского передового прогиба). М.: Наука, 1987. 118 с.

Сидоров В.А., Багдасарова М.В., Атанасян С.В. и др. Современная геодинамика и нефтегазоносность. М.: Наука, 1989. 200 с.

Булин Н.К., Егоркин А.В. Региональный прогноз нефтегазоносности недр по глубинным сейсмическим критериям. М.: ЦентрГЕОН, 2000. 192 с.

ПОВЕДЕНИЕ И ФАЗОВЫЕ СОСТОЯНИЯ ВОДНО-УГЛЕВОДОРОДНЫХ ФЛЮИДОВ ПРИ ПОВЫШЕННЫХ И ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ И ДАВЛЕНИЯХ (ПО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ДАННЫМ)

В.С. Балицкий, С.В. Пентелей, М.А. Новикова, Л.В. Балицкая

Институт экспериментальной минералогии РАН, 142432 Черногловка; balvlad@iem.ac.ru

The study of fluid inclusions in synthetic quartz has allowed establishing the TP-areas of existence of various phase states of aqueous-hydrocarbon fluids (АНCF) up to temperature 400°C and pressures up to 90 МПа. These states at the given temperatures and pressures depend on a relation in inclusions of aqueous solution, liquid and gaseous hydrocarbons.

Выяснение фазовых состояний и поведения водно-углеводородных флюидов (ВУВФ) имеет важное значение при решении проблем происхождения и миграции углеводородов, а также при совершенствовании технологий повышения нефтеотдачи пластов и переработки нефтепродуктов. Непосредственно наблюдать фазовые состояния ВУВФ в земных недрах в условиях повышенных и высоких температур (Т) и давлений (Р) практически невозможно. Но они могут быть установлены экспериментально. В последние годы подобные исследования начали широко использоваться при изучении водно-углеводородных включений (ВУВВ) в синтетических минералах (Dubessy et al., 2000; Teinturier and Pironon, 2003; Teinturier and Pironon, 2004; Балицкий и др., 2005; Балицкий и др., 2007), полагая, что в близких искусственных и природных условиях фазовые состояния и поведение ВУВФ подчиняются одним и тем же физико-химическим закономерностям.

Объектами исследований были ВУВВ в синтетическом кварце, выращенном в смесях слабо-щелочных и щелочных водных растворов с сырой нефтью (содержания 0,01–50 об. %) и ее основными фракциями – бензином, керосином, дизельным топливом и газойлем (содержания 12–28 об. %) в диапазоне Т 260–490 °С и Р 1–150 МПа, соответственно. Опыты осуществлялись в жаропрочных автоклавах объемом 50 и 280 мл в условиях прямого температурного градиента (ΔТ). ВУВВ формировались как в кварцевых затравках с заранее подготовленными полостями травления, так и путем самопроизвольного зарождения в нарощенном слое кристаллов (Балицкий и др., 2005; Балицкий и др., 2007). Продолжительность опытов составляла 15–30 дней. Продукты опытов изучались методами газовой и жидкостной хроматографии, рентгенометрии и электронно-зондового микроанализа. Жидкие и газообразные фазы во включениях характеризовались ИК- и Рамановскими спектрами, газовой хроматографией и флуоресценцией флюидов под микроскопом. Фазовые состояния и поведение водно-углеводородных флюидов (ВУВФ) во включениях при повышенных и высоких Т и Р наблюдались in-situ на микротермометрической установке со съемкой соответствующих видеофильмов (Балицкий и др., 2007; Мельников и др., 2008).

В общей сложности было выращено более 80 кристаллов кварца с ВУВВ размером от сотых долей мм до 2 мм. При комнатных условиях во включениях наблюдаются водный раствор (L1), жидкие (L2, L3), газообразные (G) и твердые

(SB) УВ. Объемы их широко варьируют вплоть до полного исчезновения отдельных фаз. Особенно это характерно для включений, образованных в заранее под-

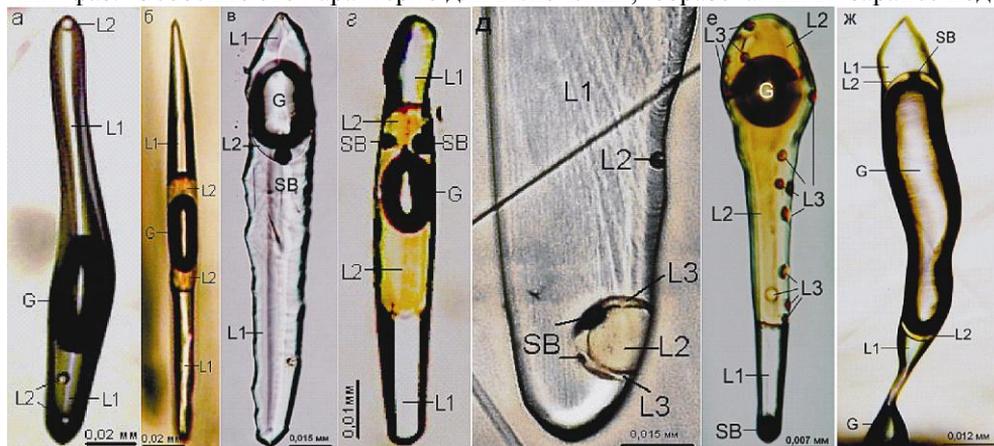


Рис. 1. Состав и соотношение фаз в водно-углеводородных включениях в кристаллах синтетического кварца, выращенных в присутствии сырой нефти (обозначения фаз приводятся в тексте)

готовленных каналах травления в кварцевых затравках, поскольку изначально заполнение каналов всегда происходило из гетерогенных водно-углеводородных смесей с неравномерным распределением жидких УВ. Во включениях самопроизвольного зарождения в нарощем слое кварца формирование включений с одинаковым и различным соотношением фаз обусловлено захватом их, соответственно, из гомогенных и гетерогенных флюидов. В целом, для исследований нами были выбраны включения как в каналах травления в затравке, так и в нарощем слое кварца с соотношением фаз: $VL1 > VG \gg VL2$, $VL1 > VL2 \geq VG$, $VL1 > VG \gg VL2 > VSB$, $VL2 \geq VL1 > VG > VSB$, $VL1 > VG \gg VL2 \gg VL3 > VSB$ и (рис. 1а, б, в, г, д). Кроме того, изучались включения с отношением фаз $VL2 > VL1 \approx VG > VL3 \geq VSB$ (рис. 1е), образованные в кварце при взаимодействии водных растворов с горючими сланцами. Особый интерес для исследований представляли включения с соотношением фаз $VG \gg VL1 > VL2 > VSB$ (рис. 1ж). Формирование их происходило непосредственно в термокамере измерительной установки в связи с возникновением трещин в стенках вакуолей во время процедуры нагревания и охлаждения включений.

Результаты исследований показали, что сырая нефть при взаимодействии с гидротермальными растворами в условиях прямого ΔT претерпевает фракционирование, обогащаясь легкими фракциями в относительно менее горячих зонах автоклава. При $T > 350$ °C сырая нефть в водной среде, как это было показано ранее (Teinturier and Pironon, 2003), подвержена крекингу. Более убедительно это продемонстрировано в наших экспериментах с отдельными фракциями нефти. После опытов во флюидных включениях, наряду с жидкими УВ, захватываются УВ газы (в основном метан и в меньшей мере этан и пропан); во всех жидких УВ постоянно присутствуют выделения твердых битумов, а в самих жидких УВ возрастает доля легколетучих фракций (бензина и керосина). За счет крекинга газовой, например, образуется примерно 30–35 об. % легких нефтяных фракций.

Фазовые состояния ВУВФ при повышенных и высоких T и P зависят от соотношений в них $L1$, $L2$ и G . Это фиксируется во время непосредственных наблюдений за поведением флюидов во включениях при повышенных и высоких T и P . В случае $VL1 > VG \gg L2$ фаза $L2$, представленная одиночными каплями в $L1$, исчезает при $250\text{--}272^\circ\text{C}$ (P 4–8 МПа) с образованием двухфазного ($L1 > VG$) флюида, который при повышении T до $290\text{--}300^\circ\text{C}$ переходит в гомогенное состояние с содержанием растворенных жидких УВ до первых десятых долей об. %. С. В случаях $VL1 > VG \geq VL2$ и $VL2 \geq VL1 > VG > VSB$ при $300\text{--}370^\circ\text{C}$ (плотность флюида по воде 0,78–0,50, P 30–90 МПа) вначале исчезает газовая фаза с образованием двухфазных жидких флюидов с соотношением фаз ($VL1 \gg L2$) и ($VL2 \geq VL1$), соответственно. Устойчивое существование этих фаз без свободного газа удалось проследить до T 365–405 $^\circ\text{C}$ и P до 90 МПа. Выше указанных T включения взрываются. Содержание жидких УВ, растворенных в $L1$, достигает перед взрывом включений 8–10 об. %. Характер зависимости растворимости жидких УВ в $L1$ от T не исключает возможности дальнейшего увеличения растворимости с ростом TP -параметров. В случае $VL1 > VG \gg VL2 > VSB$ при нагревании включений до $250\text{--}290^\circ\text{C}$ во флюиде исчезает фаза $L2$ с образованием двухфазного ($L1 + G$) флюида, который при $365\text{--}380^\circ\text{C}$ переходит в жидкое гомогенное состояние. В присутствии дополнительной фазы жидких УВ ($L3$) (случай $VL1 > VG \gg VL2 > VSB > VL3$), эта фаза растворяется в $L2$ при $85\text{--}95^\circ\text{C}$. При дальнейшем повышении T изменение фазового состояния флюида аналогично предыдущему случаю. Во включениях с соотношением фаз $VG \gg VL1 > VL2 > VSB$ вначале при 335°C в газовой фазе растворяется $L2$ с превращением флюида в двухфазное ($VG \gg VL1$) состояние. Затем при $350\text{--}400^\circ\text{C}$ фаза $L1$ исчезает с образованием гомогенного газового флюида. И, наконец, в случае $VL2 \gg VL1 \approx VG \gg \gg VL3 \geq VSB$ повышение T до $90\text{--}120^\circ\text{C}$ приводит к растворению фазы $L3$ в фазе $L2$; затем при $230\text{--}280^\circ\text{C}$ в жидких УВ растворяются УВ газов с образованием двухфазного жидкого флюида ($VL2 > VL1$). При достижении 360°C водный раствор, содержание которого во флюиде составляет 25–30 об. %, полностью растворяется в жидких УВ с образованием гомогенного флюида.

Неоднократное нагревание и охлаждение включений полностью воспроизводит поведение в них ВУВФ с сохранением состава и соотношения фаз. Несоответствие проявляется только в случаях частичной потери герметичности включений. Твердые углеводороды остаются практически неизменными.

Заключение. Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о многообразии форм существования ВУВФ при повышенных и высоких температурах и давлениях. Флюиды могут быть гетерогенными и гомогенными, существенно жидкими и существенно газовыми с содержанием растворенных УВ от сотых долей об. % до десятков об. %. Характер зависимости растворимости УВ в водных растворах и водных растворов в жидких УВ от T и P указывает на возможное достижение при T $500\text{--}600^\circ\text{C}$ и P $200\text{--}300$ МПа неограниченной их смесимости. Результаты исследований могут быть использованы при моделировании процессов миграции УВ в земных недрах в условиях повышенных и высоких T и P , а также при объяснении ряда особенностей формирования месторождений УВ.

Работа поддержана РФФИ (грант № 09-05-00774).

Литература

Балицкий В.С., Балицкая Л.В., Бубликова Т.М., Борков Ф.П. Экспериментальное изучение механизмов образования и форм захвата водно-углеводородных включений в процессе роста кристаллов кварца, кальцита и флюорита в нефтесодержащих гидротермальных растворах // ДАН. 2005. Т. 404. № 1. С. 90–93.

Балицкий В.С., Прокофьев В.Ю., Балицкая Л.В., Бубликова Т.М., Пентелей С.В. Экспериментальное изучение взаимодействия минералообразующих гидротермальных растворов и нефти и их совместной миграции // Петрология. 2007. Т. 2. С. 1-15.

Балицкий В.С., Бондаренко Г.В., Балицкая Л.В., Новикова М.А. Визуализация *in situ* фазовых состояний и превращений углеводородов в водно-нефтяных смесях при повышенных температурах и давлениях // ДАН. 2009. Т. 429, № 1. С. 1–4.

Мельников Ф.П., Прокофьев В.Ю., Шатагин Н.Н. Термобарогеохимия. М.: МГУ, 2008. 222 с.

Dubessy J., Guillaume D., Buschaert S., Fabre C., and Pironon J. Production of synthetic fluids inclusions in the H₂O-CH₄-NaCl system using laser-ablation in fluorite and quartz // Eur. J. Mineral. 2000. V. 12 (b). P. 1083-1091.

Teinturier S and Pironon J. Evidence of oil cracking using synthetic petroleum inclusions // J. Geochem. Explor. 2003. V. 78. P. 421-425.

Teinturier S and Pironon J. Experimental growth of quartz in petroleum environment. Part I: Procedures and Fluid Trapping // Geochim. et Cosmochim. 2004. Acta. 68, № 11. P. 2495-2507.

ДЕВОНСКИЕ ТРАППЫ И ИХ РОЛЬ В ФОРМИРОВАНИИ ЛОВУШЕК УГЛЕВОДОРОДОВ

А.А. Баренбаум, Т.И. Шиловская, А.П. Шиловский

ИПНГ РАН, г. Москва

Proved Devonian trap rocks presence on East-European platform and its extending area established. Devonian traprocks, predestinates oil and gas perspectives east borderland of East-European platform sediments including Tatarstan western part as a cover for non-yet-proved hydrocarbon accumulations in pre-Devonian sediments. The parts of trap rocks (are considerate as crystal basement now) which isolating covering properties are absence are considerate as hydrocarbon nourishment channels for oil traps.

Геолого-геофизические материалы свидетельствуют о широком развитии траппов на территориях Московской синеклизы, а также Татарии. По нашим данным девонские траппы полностью перекрывают площадь Токмовского свода, северо-западную часть Мелекесской впадины и Заволжскую территорию Татарстана (рис. 1).

Почти на всей территории отложения траппов вскрыты бурением в разных горизонтах среднего и верхнего девона на глубинах 1500–1800 м. Тогда как за пределами очерченного контура кристаллические породы залегают на глубине 2800 м. Только эти породы и можно рассматривать на ВЕП в качестве настоящего, а не псевдо архейского фундамента.

Породы фундамента, как известно, малоперспективны для поисков крупных залежей нефти и газа. Поэтому бурение скважин обычно прекращали по достижении ими кристаллических пород, принимавшихся за фундамент. Порочность

такой практики поиска углеводородов на ВЕП может быть проиллюстрирована на примере Южно-Татарского свода (ЮТС), где из «фундамента» постоянно



Рис. 1. Распространение траппов в различных горизонтах верхнего и среднего девона (закрашены серым цветом) на юго-восточной окраине Восточно-Европейской

платформы. Не закрашены участки додевонских отложений, где магматические разности пород отсутствуют происходит интенсивный подток углеводородов в вышележащие разрабатываемые нефтяные месторождения (Муслимов и др., 2002).

Материалы изучения сверхглубоких скважин Минибаевской 20000 и НовоЕлховской 20009, пробуренных на ЮТС, показывают, что в отличие от других площадей ВЕП, где между девонскими траппами и архейским фундаментом имеется значительная осадочная толща, в этих скважинах она не выявлена. Поэтому кристаллические породы без разбора на ЮТС относят к архейскому фундаменту (Муслимов и др., 2004).

Это заключение, однако, спорно. Керновый материал по всем глубоким скважинам на ЮТС свидетельствует, что если в своей верхней части «фундамент» сложен разностями пород преимущественно основного состава, свойственного траппам. То на глубинах более 3000 м эти породы, как должно быть, представлены гранито-гнейсами (Сидтикова, Изотов, 2003). При этом между траппами и гранито-гнейсами имеются «зоны разуплотнения», которые играют роль путей миграции флюидов, питающих углеводородами (УВ) вышележащие месторождения нефти и газа (Плотникова, 2004).

Примечательно, что зоны разуплотнения встречены разными скважинами примерно на одной глубине (Плотникова, 2004), что характерно для пластового залегания коллекторов осадочной толщи. Таким образом, под толщей траппов на ЮТС вполне могут быть обнаружены осадочные породы додевонского возраста, как и в целом на всей ВЕП.

Имеется мнение, что поставщиками нефти и газа в земную кору служат глубинные резервуары углеводородов. Из этих резервуаров содержащий УВ флюид по субвертикальным каналам (разломам) мигрирует к поверхности, где, встречая флюидоупоры, испытывает дифференциацию и в виде нефти, конденсата и газа заполняет существующие в земной коре ловушки (Корчагин, 2001; Трофимов, Корчагин, 2002).

В данном вопросе мы относимся к залежам нефти и газа как к ловушкам, постоянно заполняемым очень быстро циркулирующим через земную поверхность подвижным углеродом биосферы (Баренбаум, 2004, 2007). Именно этим механизмом мы объясняем наблюдаемые на Ромашкинском месторождении вариации дебитов «аномальных» скважин, быстрые изменения свойств и состава их нефтей (Муслимов и др., 2004), а также ряд других широко известных и мало понятных сегодня фактов (Баренбаум, 2009).

Поэтому необходимыми резервуарами – накопителями углерода, по нашему убеждению, вполне могут оказаться осадочные отложения, перекрытые региональными покрывками – траппами девонского возраста, широко развитыми на ВЕП.

Наличие на ВЕП траппов в значительной степени опровергает бытующие представления о бесперспективности этой огромной и, по существу, слабо изученной территории в отношении наличия здесь промышленных скоплений нефти и газа. Авторы полагают, что при проведении необходимых сейсмических работ и поискового разведочного бурения крупные скопления УВ могут быть обнаружены в осадочной толще, перекрытой непроницаемыми девонскими траппами во многих местах ВЕП. К ним, в первую очередь, можно отнести западные территории Татарии, северо-западную часть Мелекесской впадины, а также территории Московского осадочного бассейна.

Открытие подтрапповых залежей УВ в центре европейской части страны со сложившейся инфраструктурой потребления и переработки УВ позволит обеспечить Россию значительным приростом запасов энергетических ресурсов, удешевив решение этой стратегической задачи, в том числе и за счет сокращения расходов на логистику.

Литература

1. *Баренбаум А.А.* Механизм формирования скоплений нефти и газа // Доклады АН. 2004. Т. 399. №6. С. 802-805.
2. *Баренбаум А.А.* Нефтегазообразование и климатический процесс // Георесурсы. 2007. №3(22). 2007. С. 13-15.
3. *Баренбаум А.А.* Научная революция в нефтегазообразовании // Уральский геологический журнал. 2009. №2 (68). С. 16-29.
4. *Корчагин В.И.* Нефтеподводящие каналы // Геология, геофизика и разработка нефтяных месторождений. 2001. №8. С. 24-28.
5. *Муслимов Р.Х., Глумов Н.Ф., Плотникова И.Н. и др.* Нефтегазовые месторождения – саморазвивающиеся и постоянно возобновляемые объекты // Геология нефти и газа. Спец. выпуск. 2004. С. 43-49.
6. *Плотникова И.Н.* Геолого-геофизические и геохимические предпосылки перспектив нефтегазоносности кристаллического фундамента Татарстана. СПб.: Недра, 2004. 172 с.
7. *Ситдикова Л.М., Изотов В.Г.* Геодинамические условия формирования деструкционных резервуаров углеводородов глубоких горизонтов земной коры // Георесурсы. 2003. №4 (12). С. 17-22.
8. *Трофимов В.А., Корчагин В.И.* Нефтеподводящие каналы: пространственное положение, методы их обнаружения и способы их активизации // Георесурсы. 2002. №1. С. 18-23.
9. *Шиловская Т.И., Шиловский А.П.* Новые данные о литологии, стратиграфии и тектонике верхнепротерозойских и палеозойских отложений восточной окраины Московской синеклизы // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2008. № 7. С. 4-7.

НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПОЛОЖЕНИЯ ПЛАНЕТАРНОЙ СЕТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ, НЕФТИ И ГАЗА

Ю.В. Баркин

Государственный астрономический ин-т им. П.К. Штернберга

1. Динамика оболочек. Разрабатываемая автором в последние годы геодинамическая концепция – динамика оболочек Земли – весьма неплохо зарекомендовала себя при изучении механизмов эндогенной активности планет и спутников, ее циклических вариаций и других особенностей и закономерностей, обнаруженных геологами и планетологами (Баркин, 1996–2010). Оболочки Земли (мантия, литосфера и плиты, жидкое и твердое ядро и др.) – это отдельные небесные тела. Они несферичны, неоднородны, обладают определенными физическими свойствами. Внешние небесные тела (Луна, Солнца, планеты и даже Галактика) по-разному воздействуют на каждую из оболочек, что приводит к гигантским по вели-

чине дополнительным воздействиям оболочек друг на друга. В результате центры масс оболочек испытывают малые относительные смещения, меняется напряженное состояние самих оболочек в зависимости от направлений их смещения и от их малых поворотов. Оболочки деформируются. При этом гравитационная энергия воздействия внешних тел переходит в упругую энергию, а с учетом диссипации – в тепловую энергию. Воздействие на оболочки внешних небесных тел является циклическим вследствие их возмущенных орбитальных движений. Это означает, что оболочки совершают направленные и упорядоченные смещения и колебания с самым широким спектром частот. Среди них будут колебания с периодами в десятки и сотни лет (возмущения планетной теории), периоды Миланковича (вековые планетные возмущения с периодами в десятки и сотни тысяч лет), галактические периоды (возмущения в десятки и сотни миллионов лет, вызванные галактическим движением Солнечной системы). Естественно, в результате суперпозиции орбитальных возмущений будут наблюдаться колебания оболочек с различными промежуточными частотами, по отношению к указанным (их производные). Коротко-периодические колебания связаны с вращением Земли (периоды от часов до нескольких лет). Все указанные колебания оболочек приводят к вариациям напряженных состояний фактически всех слоев Земли, к деформациям этих слоев, к формированию чередующихся зон уплотнений и разуплотнений. Пластичные свойства вещества оболочек ведут к сильной диссипации энергии поступательного и вращательного движений оболочек, черпаемой из орбитальных движений внешних небесных тел. В результате выделения огромной энергии формируются и меняются во времени и пространстве потоки тепловой энергии. Их мощность меняется циклически со всеми указанными выше периодами (в самых различных шкалах времени). Вполне закономерным образом, строго в соответствии со стилем и интенсивностью раскачки оболочек, меняется термодинамическая обстановка в прослойках между оболочками и в самих оболочках. Казалось бы, что весьма трудно сохранить хоть какой-нибудь порядок и последовательность в указанном клубке явлений и процессов. Однако, именно так это происходит и определяется внешними воздействиями окружающих небесных тел. Небесно-механическое «управление» само по себе является детерминированным, правильным, циклическим и описывается известными законами. Естественно, что и порожденные им смещения оболочек в значительной степени сохраняют эти же самые свойства. Свою деконструктивную роль играют лишь физические свойства оболочек, в частности диссипативные факторы. По-видимому, особенности тесных взаимодействий реальных оболочек приводят к ритмическим смещениям оболочек, а отражение этих нециклических смещений мы наблюдаем в различных геофизических и геодинамических процессах в виде «пилообразных» изменений параметров. Все положения геодинамической концепции, изложенные выше, конечно нуждаются в глубоком изучении. В этом направлении сделаны лишь первые шаги. Можно предположить, что в геологических шкалах времени внутренняя оболочка как бы дрейфует с весьма малой скоростью относительно соседней внешней оболочки (например, ядро по отношению к мантии, или Земля ниже граница 670 км относительно верхней мантии). Смещения центров масс при этом могут достигать сотен метров и даже километров. Механизм дрейфа в определенной степени может быть аналогичным обнаруженному экспериментально эффекту приливного воздействия на частицы тела (Бобряков, Ревуженко, Шемякин, 1983). В силу реальных физических свойств периодически смещаю-

щаяся нижняя оболочка не возвращается в начальное положение, а испытывает медленный дрейф. Сильно смещенные оболочки имеют Венера, Луна и Марс (центр масс смещен на 2–3 км относительно фигуры).

2. Циклическая и направленная стимуляция флюидосферы. В последние годы выявляется все большая роль флюидных систем в образовании и преобразовании земной коры и локализации в ее пределах разнообразных типов полезных ископаемых. Области функционирования таких систем связывают с концентрическими зонами в составе земной коры, различающимися по термодинамическим параметрам. Наиболее продуктивна верхняя флюидосфера, которую часто называют углеводородной сферой и рудосферой. Она имеет мощность 5–10 км и в ней сконцентрировано более 90 % всех типов и видов полезных ископаемых (Соколов, Старостин, 2000). Основные положения современной флюидодинамики месторождений полезных ископаемых здесь изложим с позиций развиваемого подхода к геодинамике оболочек Земли.

Механизм циклических относительных смещений оболочек приводит к формированию зон разуплотнения в верхних слоях Земли. С этими зонами тесно связывается понятие природного породного раствора или расплава (ППРР – флюидные вещества, содержащие в рассеянном состоянии рудные и углеводородные компоненты). Подобные зоны отвечают тектоно-петрологической расслоенности литосферы и верхней мантии. Она выражается в чередовании зон разуплотнения и зон уплотнения. Зоны разуплотнения представляют собой вместилище ППРР. В соответствии с нашей концепцией отметим, что если слоистые зоны соответствуют определенным типам смещений оболочек Земли, то в силу небесно-механического характера последних мы приходим к важному выводу. Планетарное расположение флюидных зон (активных участков слоев разуплотнений) является упорядоченным. Последнее должно проявляться в упорядоченном широтно-долготном распределении флюидных зон ППРР в специальных геодинамических системах координат, характеризующих основные тенденции и направленность относительных смещений оболочек. Формирование флюидных зон является по этому циклическим процессом причем с весьма широким спектром частот, соответствующих всему набору частот колебаний оболочек Земли. Короткопериодические колебания (от суточных до месяцев), модулируемые долгопериодическими (от декадных до миллионов лет) приводят к дальнейшему нагреву ППРР и к увеличению его объема и он стремится расширяться и прорваться в другие менее уплотненные зоны. В результате создается своеобразная гидравлическая подушка (мантийный диапир). В дальнейшем при значительных смещениях центров масс оболочек в направлении «созревшей» флюидной зоны создаются благоприятные условия для гидравлического расклинивания вышележащих слоев и прорыва ППРР в верхние слои коры и на поверхность Земли. При магматических, гидротермальных, углеводородных и др. прорывах ППРР осуществляется тепло-массоперенос, который существенно влияет на общий поток тепла из недр Земли в том числе от самих флюидных зон. В планетарном масштабе функционирование указанного механизма тепло-массопереноса попутно приводит к существенным климатическим изменениям как в отдельных регионах, так и в планетарном масштабе.

Поскольку расположение флюидных зон, трещин расклинивания, самих потоков тепловых масс является упорядоченным в пространстве и времени, то и климатические зоны и явления также должны быть упорядоченными, как в про-

странстве, так и во времени. Предложенный механизм дает описание достаточно четкой картины процесса формирования зон разуплотнения, и позволяет объяснить природу многих других широко-распространенных явлений: формирование купольных поднятий (что кстати широко проявляется на многих других телах солнечной системы), соляно-купольный и глиняный диаморфизм, сейсмичность, грязевый вулканизм, гидротермальную деятельность (в частности гейзерную) и др.

Особенно важно, что этот механизм объясняет гидротермальное рудообразование, ассоциирующееся с вулканической и магматической деятельностью, процесс нефте-газообразования. Он обосновывает с геодинамических позиций общность, единство, цикличность процессов рудо-образования и нефте-газообразования и упорядоченность пространственного расположения месторождений рудных полезных ископаемых и углеводородных ископаемых. Цикличность является единой для указанных процессов. Данный механизм четко указывает на совместную роль эндогенных и экзогенных факторов рудообразования и газо-нефтеобразования. Внешние небесные тела осуществляют раскачку оболочек Земли и их повороты, и вызывают механические взаимодействия между всеми слоями и структурами оболочек Земли. Последние приводят к описанным выше явлениям теплопереноса. Они являются эндогенными и непосредственно осуществляют формирование флюидных зон ППРР и их перераспределение в верхние слои коры и на поверхность.

3. Широотно-долготная упорядоченность расположения месторождений полезных ископаемых, нефти и газа. Центры месторождений полезных ископаемых, минералов, а также нефти и газа (также как и горячие точки и тройные сочленения плит) характеризуются упорядоченным широтно-долготным распределением по отношению к определенным полюсам на поверхности Земли (Баркин, 1996). Другими словами центры месторождений располагаются в узлах определенных сеток. Детальные исследования указанных закономерностей пространственного распределения месторождений позволяют установить тонкую структуру как известных месторождений, так и указать некоторые узловые точки для весьма вероятного расположения новых месторождений полезных ископаемых, минералов, нефти и газа. Нами показано, что основные месторождения ряда полезных ископаемых (золота, алмазов и др.), нефти и газа формируют определенные широтно-долготные сетки в специальной наклонной системе координат, введенной автором и названной основной геодинамической системой координат (ОГСК). Северный полюс для ОГСК расположен на севере Индии в районе пустыни Тар ($25^{\circ}5' N, 71^{\circ}0' E$). Ось, от которой отсчитываются долготы, направлена к географической точке $6^{\circ}0' N, 162^{\circ} E$. Введенные «газонефтеносные меридианы и параллели» ОГСК весьма четко соответствуют поясам нефтегазо-накопления по классификации Хаина (1954).

ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ ПРОГНОЗА ПЛАНЕТАРНОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ, НЕФТИ И ГАЗА

Ю.В. Баркин

Астрономический институт им. П.К. Штернберга, Москва; E-mail: barkin@sai.msu.ru

Метод прогноза. Предлагаемый метод прогноза опирается на установленные автором в последние годы закономерности упорядоченного планетарного распределения центров различных формирований Земли, планет и спутников [1, 2]. Центры ряда формирований (горячие точки, вулканы, купольные образования, пaterы и многие другие) в своих положениях тяготеют к избранным меридианам и параллелям некоторых, вообще говоря, наклонных систем координат данного небесного тела. Первые подобные системы координат были определены автором эмпирически в результате анализа положений на поверхности Земли горячих точек, вулканов, тройных сочленений плит и их центров масс: ЛСК – литосферная система координат и ОГСК – основная геодинамическая система координат. Именно в этих системах координат наиболее ярко выражено свойство концентрации центров вдоль «активных» параллелей и меридианов. Специально разработанные методы компьютерного математического статистического анализа расположения центров подтвердили правомочность сделанных ранее выводов и позволили провести широкие исследования широтно-долготного упорядоченного расположения различных формирований других планет и спутников солнечной системы. Аналогичные, но предварительные, исследования упорядоченного расположения основных месторождений нефти и газа, каменного угля, золота, алмазов также указали на присутствие упорядоченной составляющей в расположении месторождений. Эти выводы получены в результате вычисления и сравнения показателей широтной и долготной упорядоченности (они обозначены как Q_m , Q_p) для их реального и случайного распределения. Было показано, что расположение месторождений полезных ископаемых, нефти и газа обладает достаточно ярко выраженным свойством широтно-долготной упорядоченности в частности по отношению к наклонным земным системам координат ЛСК и ОГСК. В данной работе проблема ставится более широко применительно к самым разнообразным месторождениям нефти, газа, руд и т.д. Разрабатываемый метод прогноза предусматривает: 1) компьютерный анализ положений известных месторождений определенного профиля с целью установления наклонных систем координат (или полюсов полярных осей), по отношению к которым достаточно ярко выражено свойство их широтно-долготного расположения; 2) установление активных широт и долгот в указанных системах координат и определение сетки расположения месторождений (или их основной части); 3) выявление узловых точек сетки (из соответствующих меридианов и параллелей) с целью проверки их заполняемости и для прогноза других возможных месторождений (в незаполненных узлах выявленной сетки); 4) детальный анализ широтно-долготного упорядоченного расположения микроструктур в крупных локальных скоплениях месторождений.

Метод экзографии. Это компьютерный метод поиска полюсов осей на сферической поверхности Земли, для которых специальные показатели широтной (Q_p) и долготной (Q_m) упорядоченности расположения центров имеют экстремальные

значения. Параметр Q_m характеризует суммарное значение всех пар центров, расположенных по всем узким меридиональным полоскам ($1-2^\circ$) на сферической поверхности планеты. Аналогично вычисляется параметр Q_p , однако в этом случае при суммировании учитываются все пары центров, расположенных в узких широтных полосках (по отношению к данному полюсу). В результате компьютерного исследования определяются значения параметров упорядоченности для полюсов по всей поверхности планеты и отмечаются их экстремальные значения. Результаты представляются на цветных иллюстрациях на плоскости «долгота-широта» (Barkin, Garcia Ferrandez, 2001).

Критерий упорядоченности. Для каждого набора тех или иных центров (например, основных месторождений золота) определяются значения параметров Q как для их реального размещения (Q_{real}), так и для модельных случайных положений того же числа центров на поверхности планеты (Q_{random}). Показатель упорядоченности есть отношение $k=Q_{real}/Q_{random}$. Очевидно, наибольший интерес представляют те полюса на поверхности планеты, для которых этот показатель имеет наибольшие значения. Для рассматриваемых здесь формирований коэффициент упорядоченности составляет около 1.5.

Экватор литосферы и полюс Гудзона. Экватор литосферы был введен автором в результате анализа положения эпицентров центров масс литосферных плит [1]. Его плоскость является основной плоскостью ЛСК (наклонность и долгота восходящего узла равны, соответственно: 26.7° и 3.4° з.д.). Полярная ось ЛСК ортогональна этой плоскости и направлена к полюсу в районе залива Гудзон (63.3° с.ш., 93.4° з.д.). С высокой точностью, этот полюс соответствует полюсу, определенному методом экзографии в результате анализа распределения положений горячих точек (63.0° с.ш., 94.4° в.д.). Этот результат имеет важное геодинамическое значение и однозначно указывает на существование единого механизма тектоники плит и плюмтектоники, что служит ярким подтверждением развиваемой нами геодинамической концепции. Аналогичные исследования подтвердили также важное значение и динамическое происхождение ОГСК (с северным полюсом в пустыне Тар на севере Индии [2]).

Природная сетка месторождений нефти и газа. Она была выявлена еще до разработки компьютерных методов анализа упорядоченного расположения основных месторождений нефти и газа. В частности показано, что они формируют определенную широтно-долготную сетку в ОГСК. Были выявлены основные «газо-нефтеносные меридианы и параллели» этой динамической системы координат, проходящие по Евразии, Африке, Австралии и Северной и Южной Америке весьма четко согласующиеся с поясами и узлами бассейнов нефтегазоаккумуляции, описанными В.Е. Хаиным еще в 1954 г. [3]. Компьютерные методы анализа позволили обосновать ранее полученные эмпирические выводы об упорядоченном расположении месторождений и произвести их углубленный анализ.

Природная сетка месторождений золота и алмазов. Аналогичным образом были выявлены соответствующие сетки упорядоченного широтно-долготного расположения других месторождений, например, золота, серебра и алмазов. Показано, что указанная закономерность обнаруживается уже в расположении месторождений отдельных континентов, а также и в обще планетарном масштабе. Основной вывод, который здесь напрашивается, – значительная составляющая месторождений полезных ископаемых расположена вблизи и вдоль избранных параллелей и меридианов ОГСК.

Дискуссия о механизме. Выполненные исследования показали, что под действием различных гравитационных воздействий внешних небесных тел на оболочки Земли (в первую очередь на твердое и жидкое ядро, мантию и ее слои) последние совершают малые относительные поступательно-вращательные движения. Они являются циклическими и проявляются в различных шкалах времени. Малые осцилляции оболочек на геологических интервалах времени приводят к существенным динамическим перестройкам оболочек, их напряженного состояния и положения. При этом выделяются определенные направления и типы смещений оболочек, которые приводят к их наиболее интенсивным взаимодействиям вдоль определенных («активных») меридианов и параллелей ОГСК. Повышение напряжений вдоль этих больших кругов приводило к формированию согласованно ориентированных трещин разломов и других формирований. Естественно, это приводило к формированию и стимуляции флюидодинамических систем с тем же пространственным преимущественным распределением. Смещения оболочек в коротких шкалах времени, под действием притяжения Луны, Солнца и планет, приводили к бурной активизации самих флюидодинамических систем. Это выражалось в интенсивном формировании рудообразующих растворов и их гидравлической подаче к верхним слоям земной коры по формирующимся системам трещин. В результате вдоль упорядочено ориентированных дуг Земли, соответствующих определенным параллелям и меридианам ОГСК (ЛСК и др.) эффективно формировались месторождения полезных ископаемых с преимущественным расположением в узлах установленной выше сетки месторождений.

Литература

1. *Barkin Yu.V.* (2000) *Astronomical and Astrophysical Transactions*. 1) Vol. 18, I. 6. P. 751-762; 2) Vol. 18, I. 6. P. 763-778; 3) Vol. 19, I. 1. P. 1-11.
2. *Barkin Yu.V.* (2000) *Abstracts of 32-th Microsymposium on Comparative Planetology*. P. 5-12.
3. *Хаин В.Е.* Геотектонические основы поиска нефти. Баку: Азнефтеиздат, 1954. С. 462-465.

ДЕГАЗАЦИЯ ЗЕМЛИ И УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ЗАЛЕЖЕЙ

О.Ю. Баталин, Н.Г. Вафина

Институт проблем нефти и газа РАН, Москва, ул. Губкина, 3

Анализ строения многопластовых залежей позволил П.Н. Кропоткину выдвинуть идею о “трубе дегазации”, по которой углеводородные флюиды поднимаются с глубин и формируют залежи нефти и газа [1]. Он разделял дегазацию Земли на “горячую” и “холодную” ветви. Было сделано требующее подтверждения предположение о первичности восстановленных флюидов по отношению к окисленным. При высокотемпературной дегазации, связанной с вулканизмом и мантийными интрузиями, углеводороды разрушаются. Именно “холодная” ветвь, представленная водородно-углеводородными флюидами, отвечает за образование нефтегазовых месторождений. На III-ем совещании по Дегазации [2] были определены направления перспек-

тивной программы исследований, ставящей целью познание механизмов дегазации, природы глубинного флюида, в том числе определение глубины и закономерностей его обособления в отдельную фазу. За прошедшее время накоплен большой фактический материал, выявилось многообразие путей формирования месторождений [3].

Конденсационная модель образования залежей нефти и газа [4] основывается на представлениях П.Н. Кропоткина о трубе дегазации. Модель объясняет, каким образом изначально гомогенный углеводородный поток, поднимаясь, распадается на нефть и газ (газоконденсат), формирует соответствующие месторождения на глубинах менее 5–6 км. Дальнейшей задачей теории является выяснение принципиальных вопросов относительно источника углеводородной дегазации, условий и зон генерации флюидных потоков. Изложим свою точку зрения на поставленные в [2] вопросы.

В классической теории считают, что жидкие углеводородные флюиды образуются в процессе погружении рассеянного органического вещества при температурах, начиная с 50–90 °С. Полагают, что нефть и газ возникают отдельно, далее эти флюиды мигрируют независимо, образуя соответствующие залежи на некотором расстоянии от мест генерации. Конденсационная модель иначе трактует основные стадии формирования залежей. Во-первых, генерация углеводородных компонентов происходит при существенно более высоких температурах. Такому взгляду хорошо соответствуют эксперименты по деструкции органического вещества с учетом фактора геологической продолжительности процесса, рассчитываемого по формуле Аррениуса [5]. Получаются температуры более 150 °С. Похожие температуры образования углеводородных компонентов следуют из анализа изомеров [6]. Во-вторых, “нефть” и “газ” изначально образуются в форме однофазной смеси нефтяных и газовых компонентов, находящейся в сверхкритическом состоянии, что характерно для глубоко погруженных пластовых систем. Третьей отличительной особенностью является форма транспорта. Изначально мигрирует однофазная смесь, включающая в себя все компоненты, характерные для нефти и газа. Данная форма транспорта хорошо объясняет механизм первичной миграции. При подъеме углеводородов в некоторый момент достигается зона пониженных температур и давлений, где происходит разделение однофазной системы на жидкую и газовую фазу.

Таким образом, для генерации природных углеводородов требуются повышенные температуры, которые существуют не повсеместно в осадочном бассейне, а возникают только в особых геодинамических зонах. Принципиально возможны следующие случаи. Это рифты, преддуговые и задуговые бассейны, когда за короткий геологический срок органическое вещество попадает в зону повышенных температур, обусловленных мантийными процессами. При образовании аккреционной призмы или лавинной седиментации в океане необходимые температуры локализуются в нижних слоях осадочного массива. Допустимы и иные варианты. Так, в [7], например, рассматриваются случаи погружения и последующего поднятия больших континентальных блоков под действием сил, возникающих в зоне субдукции, анализируются условия нефтегазообразования.

Закономерности размещения месторождений подтверждают положение о необходимости повышенных температур для образования углеводородов [8]. Под крупнейшими месторождениями выявлены мантийные плюмы [9], которые определяют повышенный температурный фон вышележащих пород коры. Возникают, так называемые, “термические купола” [10].

Все уникальные, крупнейшие и большая часть крупных нефтегазовых бассейнов располагаются в зонах сочленения тектонически разнородных сооружений: платформенных структур со складчатыми, континентальных с океаническими [8]. Крупнейшие залежи связаны с пересечением главных разломов, с межплитными зонами – узлами, которые являются также и локальными опусканиями дневной поверхности с большим перепадом высот по отношению к среднему уровню [11]. Крупные месторождения в основном размещаются на платформах, где главные ресурсы связаны с краевыми впадинами. Залежи располагаются в крупных поднятиях, лежащих в зонах длительного устойчивого прогибания или в непосредственной близости от таковых. Региональное распределение месторождений контролируется скоростью погружения осадков: залежи обнаружены только в случае, когда скорость погружения пород не менее 20–25 м/млн лет. Продолжительность регионального прогибания при этом составляет 20–40 млн лет [12]. Все это свидетельствует о связи крупных зон нефтегазоаккумуляции с рифтогенным прогибом. Все высокопродуктивные провинции, а также другие, в которых найдены крупные месторождения, имеют рифтогенную природу. Указывают, что большинство месторождений-гигантов и большая часть запасов является результатом герцинского орогенеза [8]. В качестве непосредственной причины образования гигантских нефтяных залежей называется динамика послегерцинских геотермальных явлений, указывающая на роль повышенных геотермальных градиентов. Таким образом, выявленные закономерности размещения залежей связаны с рифтами, где реализуются повышенные температуры. Это можно сказать и в отношении самих нефтегазоносных бассейнов, приуроченных к внутриконтинентальным рифтам, рифтам континентальных окраин, задуговым рифтам [13].

Рассмотрим последовательность явлений, вызываемых субдукцией, связь с дегазацией, рифтообразованием, формированием нефтегазовых и рудных залежей. Полиметаллы, встречающиеся на периферии нефтегазовых бассейнов, нефтепроявления в районах выходов гидротерм, известная параллельная зональность, пространственное перекрытие нефтегазоносных бассейнов и рудных поясов, как нам представляется, связана с образованием летучих при субдукции [14]. Понимание нефтеобразования, как конденсации восходящих углеводородных потоков [4], позволяет объяснить определенную общность явлений, элементов подобия при формировании рудных и нефтегазовых месторождений.

Зона преддуговых бассейнов. В зонах поддвига плит происходит погружение пород, пелагических и терригенных осадков, пропитанных солеными водами под окраины континентов. В отличие от модели Хедберга-Сорохтина-Лобковского, где полагается, что погружающиеся в зоне субдукции богатые органикой породы производят нефть при температурах “нефтяного окна” (60–90 °С), мы связываем деструкцию ОВ и образование восходящих углеводородных потоков с существенно более высокими температурами, а формирование нефтегазовых месторождений с конденсационным механизмом. Деструкция происходит при температурах более 150 °С, что, однако, недостаточно для плавления пород. Интенсивное газообразование в этом процессе, возможно, является причиной землетрясений на соответствующих глубинах, именно там наблюдается максимальная сейсмическая активность. Формированию восходящих флюидных потоков способствуют и другие процессы термической диссоциации. Образовавшиеся при этом флюиды (вода, углеводороды и др.) захватывают различные компоненты из окружающей среды, в том числе рудные. Высокотемпературные флюиды мета-

морфизируют породы, через которые проходят, испытывают фазовые превращения. При понижении температуры образуются нефтегазовые и рудные залежи, рудные компоненты при этом могут переноситься как с жидкой, так и газовой фазой. Примерами образования нефтегазовых месторождений, месторождений золота и других металлов в преддуговых бассейнах может служить залив Кука на Аляске, Гуаякильский в Эквадоре [15].

Поступление в верхние слои коры гелия после землетрясений свидетельствует о прорыве флюидов, генерируемых в определенных частях погружившейся океанической плиты. В пользу субдукционной природы некоторой части нефтегазовых месторождений говорят также повышенные дебиты скважин, образование новых месторождений после землетрясений [16]. Во впадинах альпийской складчатой системы наиболее продуктивные зоны расположены поперек горных складчатых систем, при этом не отмечается связь нефтегазоносности с толщиной и массой слоя осадков, что, вероятно, тоже свидетельствует о притоке флюидов в залежь снизу.

Зона вулканов. На больших глубинах (100–200 км и более) летучие компоненты, образующиеся в зонах подвига плит, превращают находящиеся выше породы в магматический расплав. Кроме силикатных компонентов магматические расплавы содержат небольшое количество воды, CO_2 , S, Cl, F, другие летучие компоненты, металлы. Потоки глубинных флюидов, проходя через расплав, изменяют его состав, оказывают решающее влияние на вязкость, температуру кристаллизации и дифференциацию расплавов. Появление в магматическом расплаве большого количества летучих, легко отделяющихся от расплава, может приводить к мощным извержениям вулканов. Возникают вулканические пояса, в пределах которых в результате магматической, вулканической и гидротермальной деятельности образуются месторождения руд.

При кристаллизации магмы сначала выделяются минералы, обладающие наиболее высокой температурой плавления. Имеет место многостадийный процесс: кристаллизация пород, формирование флюидов, их разделение на жидкую и газовую фазы (см. рис. 1). Из водно-солевого силикатного расплава кристаллизуются породы, из обособившегося рудного расплава выпадают Ni, Co, Cu, Fe, Ti, Cr, Pt и др. Руды могут формироваться вместе с вмещающими породами, рудные тела располагаются в интрузивах, либо рядом с ними. Таким образом, реализуется “горячая” ветвь дегазации, когда основная часть углеводородов уже сгорела.

Задуговые бассейны. Дальнейшее развитие процессов, обусловленных субдукцией, ведет к образованию задуговых и континентальных рифтов [13]. Отметим временную последовательность: субдукция → рифтогенез → формирование залежей. Развитие рифтов связано с астеносферным выступом, мантийными плюмами, которые инициируют функционирование высокотемпературных (до 360 °C) гидротерм, несущих, в том числе, компоненты руд. А быстрое погружение осадков и высокие температуры гидротерм, пронизывающих слой осадков, приводят к образованию углеводородных флюидов и залежей нефти и газа, что наглядно демонстрируется на примерах Калифорнийского и Суэцкого заливов, Северного моря, Байкала [17]. Известны примеры образования руд в мощных (3–10 км) осадочных толщах, связанные с проникновением высокотемпературных (180–360 °C) флюидов по глубинным разломам при отсутствии проявлений магматизма [18]. Надо думать, что указанный механизм массопереноса является причиной того, что в нефтяных залежах находят такие компоненты, как ртуть,

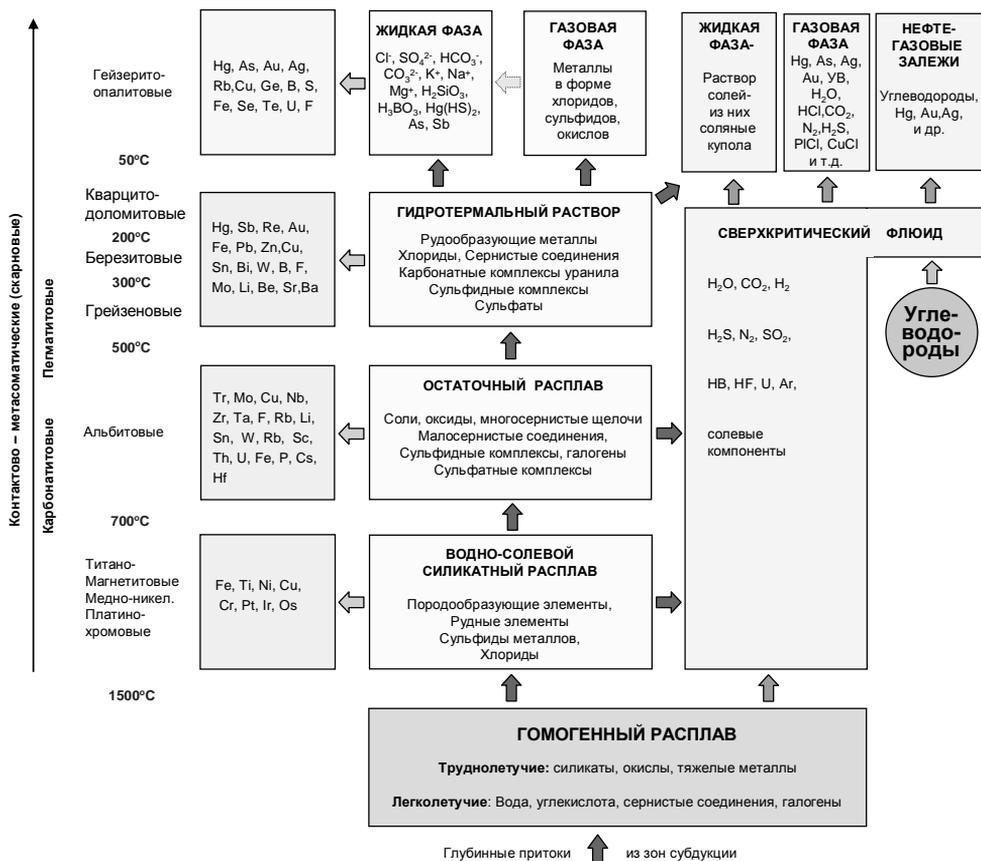


Рис. 1. Общая схема формирования рудных и нефтегазовых месторождений

редкоземельные элементы, золото, серебро, многие другие компоненты руд. Появление этих веществ в нефтяных залежах лишь отдельное звено в рассматриваемом процессе, они проникают в качестве дополнительных, более глубинных компонентов. Заметим, что имеются различные взгляды о глубине источника рудных компонентов, переносимых гидротермами. Однако, в случае рифтов, источник углеводородов более ясен. Это наиболее погруженные слои осадков. Эффективный теплоперенос, обеспечиваемый гидротермами, создает температуры, достаточные для генерации углеводородных потоков.

Выход летучих из погружающейся океанической плиты, порождает тепло – и массоперенос, метасоматоз, другие формы преобразования породы коры. Изменения горных пород гидротермальными растворами, содержащими углекислоту, приводят к возникновению вторичной пористости. Если имеются также восходящие углеводородные потоки, то полости, например в гранитном массиве, могут заполняться нефтью при ее конденсации, как это наблюдается в случае месторождения Белый Тигр [19, 20].

Таким образом, дегазация является необходимой предпосылкой для формирования как рудных, так и углеводородных залежей. Горячая ветвь определяется генерацией летучих при погружении плиты на большие глубины в процессе суб-

дукции. Образование углеводородных потоков происходит из органического вещества осадков в особых геодинамических зонах, где достигаются повышенные температуры, вероятно, не меньше 150 °С. Имеющееся взаимопересечение рудных и нефтегазовых областей говорит о принципиальной общности процессов рудо- и нефтеобразования (см. рис. 1).

Литература

1. *Кропоткин П.Н.* Дегазация Земли и генезис углеводородов // Журн. Всесоюз. Хим. о-ва им. Д.И. Менделеева. 1986. Т. 31. №5. С. 540-547.
2. *Кропоткин П.Н., Валяев Б.М.* Результаты и перспективы исследований по проблеме «Дегазации Земли и геотектоника» // Дегазация Земли и геотектоника: Тезисы докладов III Всесоюзн. совещ. М.: Наука, 1991. С. 3-6.
3. *Дмитриевский А.Н.* Полигенез нефти и газа // ДАН. 2008. Т. 419, №3. С. 373-377.
4. *Баталин О.Ю., Вафина Н.Г.* Конденсационная модель образования залежей нефти и газа. М.: Наука, 2008. 248 с.
5. *Espitalié J., Ungerer P., Irwin I., Marquis F.* Primary cracing of kerogens. Experimenting and modeling C1, C2-C5, C6-C15 classes of hydrocarbons formed // Org. Geochemistry. 1988. V. № 4-6. P. 893-899.
6. *Sajgo Cs.* Assesment of generation temperature of crude oils // Org. Geochemistry. 2000. V. 31. P. 1301-1323.
7. *Константиновская Е.А.* Тектоника восточных окраин Азии: Структурное развитие и геодинамическое моделирование // Тр. ГИН РАН. 2003. 224 с.
8. *Лаврушенко И.П.* Основные закономерности размещения крупных месторождений нефти и газа. М.: ВНИИОЭНГ, 1993. 57 с.
9. *Смирнова М.Н.* Глубинное строение северной части Западно-Сибирской плиты и южной части Карского моря (в связи с нефтегазоносностью). Дегазация Земли и генезис углеводородных флюидов и месторождений. М.: ГЕОС, 2002. С. 270-292.
10. *Хуторской М.Д., Подгородных Л.В., Леонов Ю.Г. и др.* Термотомография: новый метод изучения геотермального поля // Тектоника земной коры и мантии. Тектонические закономерности размещения полезных ископаемых. Материалы XXXVIII Тектонического совещания. Т. 2. М.: ГЕОС, 2005. С. 317-323.
11. *Виноградов Е.И., Губерман Ш.А., Дмитриевский А.Н., Пиковский Ю.И., Раницман Е.Я., Ульмасвай Ф.С.* Локальный прогноз крупнейших скоплений нефти и газа по морфоструктурным данным // Докл. АН СССР. 1989. Т. 305, № 3. С. 699-673.
12. *Воронин Н.И.* Скорость палеотектонических движений и размещение залежей нефти и газа на юго-востоке Восточно-Европейской и севере Скифско-Туранской платформ // Вестник АГТН. 2005. №6. С. 139-146.
13. *Галушкин Ю.И.* Моделирование осадочных бассейнов и оценка их нефтегазоносности. М.: Научный мир, 2007. 456 с.
14. *Баталин О.Ю., Вафина Н.Г.* Формирование рудных и нефтегазовых залежей: сходство и различие // Рудно-магматические системы складчатых областей: Материалы научн. конф. Ташкент: Институт геологии и геофизики, 2010. С. 136-140.
15. *Соколов Б.А.* Новые идеи в геологии нефти и газа. М.: МГУ, 2001. 480 с.
16. *Смирнова М.Н.* Роль землетрясений в открытии нефтяных и газовых месторождений. Фундаментальный базис новых технологий нефтяной и газовой промышленности. М.: Наука, 2000. С. 115-122.
17. *Баталин О.Ю., Вафина Н.Г.* Источник образования углеводородных залежей в конденсационной модели // Геология морей и океанов: Материалы XVIII Международной научной конференции (Школы) по морской геологии. Т. 2. М.: ГЕОС, 2009. С. 15-20.

18. Шумлянский В.А. Глубинные флюиды в рудообразовании амагматических областей Украины // Дегазация Земли и геотектоника: Тезисы докладов III Весоюзн. совещ. М.: Наука, 1991. С. 32-34.

19. Дмитриевский А.Н., Киреев Ф.А., Бочко Р.А., Федорова Т.А. Влияние гидротермальной деятельности на формирование коллекторов нефти и газа в породах фундамента // Изв. АН СССР. Сер. Геология. 1992. №5. С. 119-128.

20. Багдасарова М.В. Роль гидротермальных процессов при формировании коллекторов нефти и газа // Геология нефти и газа. 1997. №9. С. 42-46.

БИОГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ДЕЙСТВИЯ ЭНДОГЕННЫХ ФЛЮИДОВ

Б.З. Белашев, В.Я. Горьковец, М.Б. Раевская

Учреждение РАН Институт геологии Карельский научный центр, г. Петрозаводск

Исследован эффект трассировки крупными муравейниками разломов земной коры. Эффект объяснен разгрузкой литосферных флюидов в этих зонах. С помощью модели Лотка-Вольтерра охарактеризовано использования муравьями радона для борьбы с паразитами. Эффект может быть применен при биомаркерровке зон разломов земной коры.

Глубинные флюиды формируют литосферно-атмосферные связи, воздействуют на биосферу, здоровье и поведение людей. В экологических исследованиях действие флюидов необходимо выделить на фоне других факторов. Удобную возможность для реализации этого подхода предоставляют наблюдения в тектонических зонах, являющихся и зонами разгрузки эндогенных флюидов. В работе изучен один из таких эффектов – приуроченность крупных муравейников к разломам земной коры и возможных причинах его объяснения.

Лесные рыжие муравьи (род *Formica*) чувствительны к условиям обитания и избирательно выбирают место для муравейника, а при искусственном расселении не приживаются на участках, не отличающихся по таксационным параметрам [1]. Помимо обычных муравейников высотой 0.5–0.7 м и диаметром подошвы 0.7–0.9 м встречаются гигантские муравейники соответственно с размерами 1.7–2.0 м и 2.3–2.6 м, часто состоящие из нескольких гнезд. Крупный муравейник устойчив к неблагоприятным факторам среды, в нем легче поддерживать температурный режим, оплодотворять самок и производить рабочих муравьев. Но, он слишком замкнут, привлекает разорителей. Обычно разорители повторно не трогают поломанное гнездо. Муравьи восстанавливают его на прежнем месте, что облегчает строительство и повторное заселение муравейника. Такую тактику можно считать также свидетельством приверженности выбранному месту.

В отличие от предполагаемого гексагонально правильного расположения крупных муравейников на однородной территории отмечают их концентрацию вдоль взаимно перпендикулярных направлений. Этот факт объясняют влиянием сети геопатогенных зон Хартмана [2]. Не считая такое объяснение рациональным, мы полагаем, что гигантскими муравейниками могут быть связаны с тектоническими зонами. Целью работы является проверка этого предположения, опи-

рающаяся на геофизические измерения параметров геологической среды и ее естественных полей.

Исследования вели в заповедниках «Костомукшский» и «Дружба» в приграничной полосе Карелии и Финляндии. В геологическом отношении исследуемая территория соединяла зеленокаменные Кухмо-Суомосалми и Костомукшский пояса. Древние породы возраста 3.5 млрд лет гнейсодiorиты, плагиограниты, тоналиты составляют фундамент позднеархейских преобразованных вулканогенно-осадочных отложений возраста 2.1 млрд лет [3]. На изученных участках выявлены серии палеодислокаций, прослеживаемые в рельефе на протяжении более 20 км и представленные аномалиями эманации радона. Концентрация радона в водных источниках достигала 1300 Бк/л.

В исследуемой зоне обнаружены многочисленные гигантские муравейники. На участке площадью 0.15 кв. км найдено 36 таких муравейников при отсутствии обычных муравейников. При этом крупные муравейники трассируют разломы коры.

При объяснении причин эффекта существенной оказалась роль радона – тяжелого инертного радиоактивного газа, накапливаемого в почве, и, оказывающего на организмы длительное мутационное воздействие. Основная гипотеза состоит в том, что муравьи используют радон для борьбы с паразитами.

Обычно в муравейнике живет несколько видов паразитов, принимающих запах муравейника. Некоторые из них причиняют ощутимый вред хозяевам, например, кормятся куколками муравьев. Неэффективность средств борьбы с паразитами ведет к тому, что их растущая численность становится обузой для муравейника и вызывает гибель колонии.

При радиационном воздействии высокая скорость деления клеток паразитов ведет к тому, в эмбриональной стадии и стадии личинки их клетки чаще мутируют и гибнут. У муравьев скорость деления клеток ниже. Клетки их хитинового покрова делятся один раз в год во время линьки. У них наряду с ростом числа мутаций различных типов генов идут процессы, повышающие устойчивость особей и отбор резистентных генотипов [4].

Количественное описание численности муравьев $x(t)$, паразитов $y(t)$ в муравейнике со временем t проведем в рамках классической модели Лотка-Вольтерры [5]:

$$dx/dt = ax - bxy$$

$$dy/dt = cxy - dy$$

с положительными коэффициентами a, b, c, d . Член ax характеризует скорость увеличения численности муравьев, bxy – необходимость муравьям обеспечивать паразитов. cxy определяет скорость увеличения численности паразитов, а dy – скорость их естественной гибели. Ненулевое стационарное решение дает $x = d/c$, $y = a/b$. В тектонических зонах коэффициенты a, b, c будем считать неизменными, а коэффициент d увеличенным. Таким образом численность муравьев в них $x = d/c$ растет при сохранении численности паразитов. С учетом постоянства объема на одного муравья в муравейнике в зонах разломов модель объясняет увеличение размеров муравейников. Поскольку относительная численность паразитов уменьшается, муравьи крупных муравейников выглядят более энергичными.

Привлекать муравьев в зоны разломов может повышенная температура за счет тепла, переносимого флюидами, и, образуемого при конденсации водяного пара на ионах, ускорения диссипативных процессов в крупном муравейнике. Электрические свойства разломов также могут оказывать действие на муравьев,

как насекомых, чувствительных к знаку заряда поверхности, препятствуя переполосовке, способствуя конденсации влаги на ионах, уменьшению вероятности дождя. Сконденсированная в приземном слое влага является важным ресурсом муравейника. Литосферные флюиды содержат компоненты муравьиной кислоты. Для ее синтеза муравьям не требуется расщеплять и перерабатывать твердое органическое вещество. Таким образом, при адаптации к среде муравьи в полной мере используют ее потоки вещества, энергии и геофизические поля.

В практическом плане гигантские муравейники можно считать биомаркерами радиационных участков и тектонических зон. Как природные объекты, они не требуют применения аппаратных средств, просто и эффективно выполняют полезную функцию, облегчающую освоение территорий.

Авторы выражают благодарность Павловой Н.А. за полезное обсуждение.

Литература

1. *Захаров А.А., Калинин Д.А.* Реконструктуризация и сохранение жизнеспособности комплекса муравейников FORMICA AQUILONIA в критических условиях // Успехи современной биологии. 2007. Т. 127, №2. С. 190-202.

2. *Голосова М.А.* // Тезисы XII съезда Русского этномологического общества, 19-24 августа 2002 г. С.-Петербург.

3. *Gorkovets V.Y., Rayevskaya M.B.* Geology of the Kostomuksha Nature Reserve // Ecosystem, fauna and flora of the Finish-Russian Nature Reserve Friendship. Eds Tapio Lindholm, Raimo Heikilaa and Marjo Hekkila – Finish Environment Institute, Helsinki, 1997. P. 11-16.

4. <http://chernobyl.iatp.by/rus/n3/Bul31-1.htm> И.Б. Моссэ Генетические эффекты в природных популяциях животных, обитающих в радиационно-загрязненных районах Беларуси.

5. *Вольтерра В.* Математическая теория борьбы за существование. 1931 / Пер. с франц. под ред. Ю.М. Свирижева. М.: Наука, 1976.

ГЕОСОЛИТОННАЯ ДЕГАЗАЦИЯ ЗЕМЛИ И ДРУГИХ КОСМИЧЕСКИХ ТЕЛ

Р.М. Бембель

Тюменский нефтегазовый университет

Submit ether – as a geosoliton conception of Earth and Universe purging to expand geosoliton conception of the Earth for other space objects. Majority pictures relends from telescope «HABBLE» and other spacecrafts appears certainty rendered geosoliton conception.

Предлагается эфир-гесолитонная концепция Земли и Вселенной, расширяющая гесолитонную концепцию Земли на другие космические тела. На большинстве картин, полученных с помощью телескопа Хаббл и др. отмечаются факты, подтверждающие справедливость эфир-гесолитонной концепции.

Накопленный опыт изучения геологических процессов убедительно демонстрирующий ведущую роль в них механизма гесолитонной дегазации на Земле, позволяет сделать эмпирическое обобщение, распространив этот механизм на большинство космических тел во Вселенной. Развитие космической техники в по-

следнее десятилетие открыло новые возможности для изучения не только внешнего облика планет, звезд и галактик, но и основных процессов во Вселенной. Процессы геосолитонной дегазации и их реальные последствия проявляются практически на всех космических объектах, начиная от астероидов и малых планет до звезд и галактик. В астрономии и в официальной (общепринятой) космологии (ОК) отсутствуют какие-либо идеи о дегазации, глубоко разработанные для Земли за последние 100 лет. Целесообразно использовать накопленный геологический опыт в астрономии. В.И. Вернадский в первой половине XX века предсказывал успехи и пользу применения геологических знаний для лучшего понимания данных астрономии и надежных космологических представлений. Эти предсказания В.И. Вернадского могут быть сегодня реализованы в форме расширения изученных процессов геосолитонной дегазации на космические объекты во Вселенной.

Единым источником энергии и вещества для геосолитонов на Земле и других космических объектах, по нашему мнению, является мировой эфир, о существовании которого говорили мудрецы и ученые более 2500 лет. Временное ослабление внимания к этому фундаментальному понятию в естествознании за последние 100 лет предстоит изменить на самый активный интерес, что и позволит выйти современному естествознанию из затянувшегося кризиса. Объединив понятия эфира и геосолитонного механизма можно предложить единую эфир-геосолитонную концепцию (ЭГК) Земли и Вселенной. В рамках ЭГК, соединяющей фундаментальные работы по эфиру И.О. Янковского (1) и В.А. Ацюковского с современными работами по геосолитонной дегазации (на конференциях по дегазации Земли, можно предложить систему круговорота материи во Вселенной, объясняющую большинство наблюдаемых фактов и процессов на Земле и во Вселенной. Вместо концепции «Большого Взрыва» предлагается модель стационарной Вселенной, в которой происходит просто эволюция космических объектов.

Последние результаты астрономических наблюдений с помощью системы орбитальных телескопов (оптический т. Хаббла, инфракрасный т. Спизер, рентгеновский т. Чандра) подтверждаются ЭГК и развеивают миф о «Большом Взрыве» и «расширяющейся Вселенной». Одним из наиболее важных фактов явились наблюдения взрывов звезд во Вселенной. Получены четкие картины в широком спектре (от радиоволн до рентгеновских излучений), демонстрирующие процессы взрывного перехода от звезды к образующимся галактикам с новыми звездами, планетами и большими объемами космической пыли. ОК не в состоянии объяснить эти картины. ЭГК дает следующее объяснение наблюдаемым космическим процессам: при взрывах звезд происходит взрывная геосолитонная дегазация, солитонный механизм которой создает из атомов мирового эфира новые огромные массы звезд и планет, наделяя их огромной кинетической энергией. Подобные геосолитонные взрывы и создают в окружающем пространстве обширные системы сферических ареалов (туманности и галактики). В ОК существует ошибочное мнение о том, что после взрыва звезды остывают. Вероятно, эта ошибка вызвана непониманием законов термодинамики газов в процессах антидегазации, когда вместо выбросов наружу происходит, наоборот, интенсивное сжатие газов внутри космических тел. Этот процесс при высоких давлениях всегда идет с поглощением тепла и увеличением потенциальной энергии охлажденного сжатого газа. Антидегазация с закачкой эфира и накоплением потенциальной энергии происходит в форме реактивных процессов дегазации. При геосолитонных взрывах звезд обнажаются их внутренние холодные сферы, что и приво-

дит к снижению температуры излучения. Аналогичные процессы давно известны и на Солнце, когда при извержении протуберанцев в верхние высотемпературные слои короны выносятся холодные массы внутреннего вещества Солнца.

Согласно ЭГК, в стационарной Вселенной вечно (всегда) идет эфирный геосолитонный круговорот материи, при котором из атомов мирового эфира сначала рождаются главные элементарные частицы (протоны и электроны), затем ядра и атомы химических элементов, потом мельчайшие пылинки, астероиды, планеты, которые расширяясь и эволюционируя, перерастают в звезды. Звезды и планеты за счет геосолитонной дегазации и потребления эфира растут сами и порождают новые их спутники и планеты. Планеты и звезды, в соответствии с известной последовательностью Герцшпрунгера-Рессела вырастают до гигантских размеров «сверхновых звезд», взрывная геосолитонная дегазация которых, в свою очередь, порождает новые туманности и галактики. Многие из этих картин хорошо видны с помощью системы орбитальных телескопов.

Взаимодействие сил гравитационного притяжения атомов эфира к большим массам вещества и сил антигравитационного геосолитонного отталкивания планетами, звездами и галактиками порождают всю палитру космических процессов. Спиралевидные туманности и рукава галактик – это тоже результаты геосолитонной дегазации центральных областей галактик. Центробежная сила геосолитонных вихревых потоков и их реактивная сила не только вращают планеты, звезды, системы, галактики, но и создают предпосылки для образования их вещества и энергии из мирового эфира.

Периодическая смена горячей и холодной дегазаций планет и звезд создает часто необъяснимые в ОК изменения в космических картинах. Главное отличие ЭГК от ОК заключается, прежде всего, в способности звезд и планет восстанавливать за счет мирового эфира вещество и энергию, выброшенные в открытое космическое пространство. Орбитальными телескопами и специальными космическими аппаратами удалось сделать четкие снимки ветровых бурь и их последствий на многих планетах и спутниках. Подобно тому как геосолитонная дегазация на Земле создает циклоны, торнадо, ураганы и вулканы, точно также и на других космических телах геосолитонны создают гигантские пылевые бури (как на Марсе), гигантские извержения вулканов (протуберанцы на Солнце), глубокие эрозионные каналы (как на спутнике Юпитера Европе) и огромные устойчивые долгоживущие торнадо и вихри, как в атмосфере Юпитера. Но особенно ясно проявляется механизм геосолитонной вулканической дегазации в форме вулканических кратеров, имеющих правильную кольцевую форму с центральной диапировой горкой в осевой части. Подобные вулканические кратеры хорошо видны на Луне, Меркурии, Земле, Сатурне и на многих спутниках больших планет, таких как: Ио, Титан, Тритон, Ариэль, Гиперион, Рэя, Диана, Тефия, Мимас, Энцелад, Каллисто, Ганимед, Европа и др. В мощной атмосфере Юпитера геосолитонная дегазация ярко проявляется в форме долгоживущего «красного пятна», природа которого подобна природе торнадо на Земле. Анализ обликов крупных астероидов тоже показал, что геосолитонная дегазация начинается еще на ранней астероидальной фазе эволюции. Вероятно, новое вещество, поступающее по каналам дегазации на поверхность астероидов и планет постепенно увеличивает их размеры, выравнивает поверхность, приближая их к сферической форме. В ОК общепринято считать, что большинство кратеров имеют ударное, а не вулканическое происхождение. Существует целый ряд доказательств в пользу геосолитонного вулканического происхождения большинства кратеров. Во-первых, правильная кольцевая форма крате-

ров свидетельствует о вихревом геосолитонном механизме их формирования, а не ударном, которое, скорее всего, имело бы асимметричную форму, соответствующую траектории падающих метеоритов относительно движения космических тел. Во-вторых, большинство кратеров имеют центральные диапировые горки, образованные за счет максимального подъема вещества из глубин тела по наиболее ослабленным каналам. Максимальная деструкция геосолитонных трубок на Земле в основном достигается в осевой части трубки. Более того, прилегающие к осевой части участки трубки испытывают погружение, так как подвижные флюиды (газы и жидкости) выходят из них в центральную часть осевой трубки. Все эти процессы и обеспечивают специфическую форму кольцевых кратеров геосолитонной дегазации. В-третьих, пылевидная и расплавленная форма вещества, выходящего из осевых частей трубки, распределяется по поверхности космического тела, постепенно увеличивая общую массу и радиус космических тел.

Геосолитонная дегазация приводит к формированию месторождений нефти и газа не только на Земле. На спутнике планеты Юпитер Титане специальными космическими исследованиями было обнаружено, что его атмосфера состоит, в основном, из углеводородного газа метана, а поверхность сложена жидкими и твердыми углеводородами. Таким образом, геосолитонная дегазация на Титане является убедительным подтверждением возможности не биоорганического образования углеводородов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ФИЗИКО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЕГАЗАЦИИ ГЕОСОЛИТОННЫХ ТРУБОК НА ПРИМЕРЕ ПОЛУТЬИНСКОЙ ПЛОЩАДИ (ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ)

Р.М. Бембель⁶, В.М. Мегеря⁷, С.Р. Бембель¹

Consideration of educts consequents by physico-chemical exploration at one of the geosoliton tubes (diatremes) in Western Siberia. Perfect annular configuration of this objects conditioned by vertiginous structure of geosolitones. There are ostended about 60 dissimilar hydrocarbon radicals, also about 40 different chemical elements in axial part of diaterme whose density exceeds moor than 1000 % background concentration.

На одной из геосолитонных трубок, выявленных в Западной Сибири, были проведены геофизические и геохимические методы исследований: объемная сейсморазведка, гравirazведка, магниторазведка, тепловые методы разведки – по всем этим методам была выявлена ярко выраженная аномалия кольцевой формы. На горизонтальном сечении волнового поля четко видны правильные концентрические окружности в элементах волнового поля, обусловленные вихревой структурой геосолитонного процесса, сформировавшего все особенности волнового поля. Кольцевая форма проявлялась не только в геофизических полях, но даже в ландшафте и растительном покрове (в биосферной зоне). На вертикальном сейсмическом разре-

⁶ Тюменский нефтегазовый университет

⁷ ЗАО «Геотек Холдинг»

зе по линии, удаленной от осевой части геосолитонной трубки на расстояние около 1 километра, отсутствуют какие-либо следы геосолитонного вихря. На вертикальных сечениях волнового поля вблизи осевой части трубки (на расстоянии первых сотен метров) следы выхода геосолитона находят яркое проявление.

На вертикальных сечениях волнового поля, вблизи осевой части трубки, уже ярко выражены следы выхода геосолитона. Особенностью вертикального временного разреза является увеличение площадных размеров и амплитуды тектонических разрушений снизу вверх (в форме вертикального веера). Природа таких форм тектонических нарушений обусловлена взрывным характером геосолитонной дегазации Земли. Близость свободной границы приводит к большому разбросу струйных процессов геосолитонной дегазации, и, наоборот, с увеличением глубины и геостатического давления, диаметр зоны дегазации сокращается до минимума (поэтому на больших глубинах геосолитонные трубки удается надежно выделять только методами высокоразрешающей объемной сейсморазведки). Волновое поле в вертикальном разрезе через осевую часть трубки имеет определенные особенности: положительная диапировая структурная форма проявляется в осевой части трубки, а по обе стороны от нее выделяются отрицательные провальные формы, амплитуда которых возрастает с приближением к дневной поверхности. Природа образования провальных форм связана с работой дилатансионного вакуумного механизма, то есть с образованием дилатансионных трещин в осевой части трубки, всасывающих, подобно насосу, подвижные флюиды из ближайшей окрестности осевой трубки (Р.М. Бембель, В.М. Мегеря, С.Р. Бембель – 2003).

На временном разрезе, соответствующем интервалу больших глубин трубки, хорошо видно, что осевая диапировая часть волнового поля уверенно выделяется во всем интервале осадочного комплекса и менее уверенно прослеживается в интервале доюрского фундамента. При этом отрицательные провальные формы волнового поля на больших глубинах отсутствуют. Такая картина волнового поля свидетельствует о направлении динамических сил из больших глубин в сторону дневной поверхности, поэтому версия о метеоритной (астроблемной) природе подобных форм является ошибочной. Следует отметить сходство механизмов образования геосолитонных трубок на Земле с трубками на Луне и Меркурии, где на дневной поверхности этих космических тел они проявляются в форме вулканических кратеров с диапировой центральной горкой. Общепринятое среди астрономов мнение об ударном происхождении этих кратеров, видимо, является ошибочным.

На горизонтальном сечении для интервала на времени 1350 миллисекунд ярко выделяется кольцевая форма сечения трубки на больших глубинах, а на вышележащих срезах временного разреза видна веерная форма волнового поля, расширяющаяся в сторону дневной поверхности.

На этой же трубке был проведен полный комплекс литолого-геохимических исследований, включающий в себя анализ по четырём десяткам химических соединений углеводородного ряда и сорока микроэлементов. Главный результат оказался следующим: содержание самого легкого углеводорода метана в районе осевой части трубки превышает фоновые значения в 70 раз, гелия – в 40 раз, водорода – в 39 раз. Совместное высокое процентное содержание гелия, водорода и метана однозначно указывает на глубинное происхождение этого простейшего углеводорода, который в более высоких геологических интервалах разреза преобразуется в другие углеводородные соединения нефтяного ряда. Анализ не-

скольких десятков химических радикалов углеводородного ряда от метана до высокомолекулярных и ароматических соединений, общим числом 60, показал, что вместе с газами (метаном, водородом и гелием) с больших глубин по геосолитонной трубке транспортируется весь ряд химических радикалов углеводородов. Таким образом, водородная дегазация создает потоки аэрозольного типа с высоким давлением, несущие в себе практически все компоненты, необходимые для образования полного набора углеводородов. Следовательно, тяжелые фракции могут образовываться на очень больших глубинах и в форме газа транспортироваться на десятки километров, возможно, даже из мантии, и, поднимаясь вверх, доходить до тех участков земной коры, где наступает разгрузка геосолитонных потоков: сепарация, конденсация, образование жидких, газообразных и твердых элементов, то есть – формирование месторождений различного типа полезных ископаемых.

Геохимические методы позволили обнаружить в районе геосолитонной трубки множество химических микроэлементов, содержание которых в осевой части трубки превышает фоновое значение более чем в два-три раза: марганец, кобальт, ртуть, никель, иттрий, барий, фосфор, молибден, цирконий, литий, серебро, гафний и другие. Многие из этих химических элементов давно уже известны как сопровождающие месторождения нефти и газа. После проведенных исследований становится понятно, почему в нефтяных районах баженновской свиты Тюменской области может регистрироваться повышенное содержание ванадия, кобальта и радиоактивных элементов (на каротажных диаграммах интервал баженновской свиты выделяется по признаку высокой радиоактивности). Эти редкие микроэлементы попадают в верхние горизонты, где формируются месторождения, по системе геосолитонных трубок, идущих с очень больших глубин (признаком большой глубинности разломов является высокое содержание гелия и ртути). Оказывается, не только гигантский разлом, но и малоразмерная геосолитонная трубка может транспортировать с больших глубин все то, что до сих пор считалось возможным обнаружить только в районах крупных глубинных рифтов.

Таким образом, открываются совершенно новые возможности как в практической, связанной с поиском и разведкой, так и в теоретической геологии. В природе за многие миллиарды лет, задолго до появления человека на Земле, замыслившего создание нанотехнологий, уже работали естественные нанотехнологии. На атомарном уровне, в ядерном реакторе, которым является геосолитонная трубка, образуются ядра гелия и других элементов, таких как углерод, кислород, золото, радий, серебро, марганец, кобальт, никель и другие элементы таблицы Менделеева. Очень маленькие частички этих элементов (состоящие из одного-нескольких атомов) подхватываются аэрозольными потоками, как очень тонкие пылинки, и транспортируются через мантию в газовой фазе состояния в верхнюю часть земной коры. Такой аэрозольный поток может переносить любые тяжелые химические микроэлементы на сотни и тысячи километров по вертикали.

Геосолитонная концепция, таким образом, позволяет построить совершенно новую систему поисков, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Видимо, в дальнейшем все эти процессы, традиционно делимые по времени, будут объединяться. В частности, вместо поисковых региональных исследований рекомендуется проводить не одиночные геофизические профили по редкой сети, а так называемые «широкие профили». Это позволяет в пределах полосы широкого профиля уже на поисковом этапе выделять малоразмерные объекты типа геосолитонных трубок, после чего можно сразу же ставить полный дета-

лизационный набор всех геофизических методов: гравитку, магнитку, электроразведку, тепловые методы, геохимию и объемную сейсморазведку. После этого уже давать заключение о перспективах месторождения и схему его разработки. То есть, от поискового этапа сразу переходить на подготовку к эксплуатации. Таким образом, появляется возможность находить ураганные месторождения, сконцентрированные геосолитонным механизмом на локальных участках.

Следует особое внимание обратить на возможность открытия в болотах Западной Сибири богатых месторождений редкоземельных элементов, таких как цирконий, гафний, иттрий, литий и другие. Все эти, и многие другие микроэлементы, очевидно имеют глубинное геосолитонное происхождение, и для надежного выявления и картирования месторождений этих элементов требуется проведение комплекса высокоразрешающих геофизических методов и геохимических съемок.

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА МАСШТАБОВ ГЕНЕРАЦИИ НЕФТЯНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ В КАЙНОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ ЗАПАДНОГО (БОЛГАРСКОГО) СЕКТОРА ЧЕРНОГО МОРЯ

Ю.М. Берлин, М.М. Марина

г. Москва, Нахимовский проспект, 36. Учреждение Российской академии наук
Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН

Quantitative estimation of oil in Cenozoic sediments of the Bulgarian sector of the Black Sea were evaluated on the basis of historical-genetic method. The map distribution sources of oil formation was constructed. The main oil hydrocarbons generators are: middle-upper part of Eocene and Oligocene. Most favourable conditions for hydrocarbon trapping are characteristic for deep-water termination of Low-Kamchian Trough.

Объектом исследований являются кайнозойские отложения Мизийской плиты, Нижнекамчийского прогиба, Бургасской впадины в пределах их шельфовой и склоновой частей. Оценка масштабов генерации нефтяных углеводородов (УВ) проводилась на основе разработанного в ИОРАН историко-генетического метода, применение которого к конкретному геологическому объекту представляет собой систему целевых последовательных операций. Было необходимо:

- составить по сети точек оценочные геологические разрезы кайнозойского осадочного чехла с прогнозом возраста, мощностей и формационных характеристик литолого-стратиграфических комплексов;
- определить по каждому комплексу содержание рассеянного органического вещества (РОВ) и его генетические типы;
- рассчитать температуру пород на границах комплексов;
- установить значения интенсивности генерации жидких УВ ($V_{г}$), величина которых детерминирована температурными условиями недр;
- для каждого комплекса в оценочных разрезах количественно оценить масштабы генерации нефтяных УВ ($Q_{г}$).

Распределение оценочных точек (разрезов) по площади задавалось, исходя из структурно-формационной и геотермической неоднородностей осадочного чехла. Названные выше параметры были определены для 43 оценочных разрезов, приуроченных к сейсмическим профилям и разрезам конкретных скважин, пробуренных как в акваториях, так и на прибрежных участках суши. Значительная часть точек приходится на занимающий сравнительно небольшую площадь Нижнекамчийский прогиб. Это сделано не случайно, так как для выполняющих его толщ характерно резкое изменение мощностей на коротких расстояниях. Следует отметить, что 9 оценочных точек приурочены к районам континентального склона. Выбранная плотность точек отражает радиус осреднения и уровень детальности проведенных оценок

Для определения по каждому комплексу содержаний органического углерода (Сорг) использовались разработанный в ИОРАН метод численного моделирования, метод экстраполяции и результаты статистической обработки Сорг в кернах пробуренных в исследуемой акватории скважин. Тип исходного РОВ прогнозировался на основе экстраполяции известных химико-битуминологических критериев и данных пиролитических исследований кернов и шламов морских скважин на приборе Rock-Eval. Выявлено, что во всех толщах кайнозоя, кроме олигоценовой, при содержании Сорг-0,4% и выше тип РОВ смешанный сапропелево-гумусовый. Для отложений олигоцена характерен преимущественно сапропелевый тип РОВ. При низких концентрациях Сорг ($< 0,4\%$), исходя из выявленных пиролитических характеристик, тип РОВ принимался как гумусовый.

Оценка температур на разных глубинах проводилась на основе известного уравнения теплопроводности, в которых основными параметрами являлись мощности отложений комплексов, данные о тепловом потоке и средние значения теплопроводности пород.

Последний параметр определялся по установленной зависимости от плотности отложений. Плотность глубинного теплового потока принимается как среднее значение для структурно-тектонического района с определенным возрастом фундамента. Для четвертичного и в ряде случаев неогенового комплексов, накопление которых протекало при скоростях более 150 м/млн. лет (условия нестационарного теплового потока) вместо значений глубинного использовались фактические замеры теплового потока у дна.

В соответствии с применяемой методикой для оценки $Q_{г}$, помимо рассмотренных выше данных, необходимо также установить относительные количества РОВ, расходуемого на нефтеобразующий процесс – $V_{г}$. В некотором комплексе отложений, занимающим определенную часть главной зоны нефтеобразования (ГЗН), эта величина принималась как среднеарифметическая между ее значениями в температурных условиях кровли и подошвы комплексов в зависимости от типа РОВ. Для комплексов, залегающих ниже современной ГЗН, величина $V_{г}$ отвечает максимальному масштабу нефтеобразования для соответствующего типа РОВ.

Определив для каждого комплекса отложений перечисленные выше параметры, были рассчитаны значения $Q_{г}$ ($n \times 10^6$ т/км²), которые были суммированы в оценочных разрезах для всего разреза кайнозойских отложений. В итоге была построена карта масштабов генерации нефтяных УВ в кайнозойских отложениях Болгарского сектора Черного моря. Ее рассмотрение приводит к следующим выводам:

– на Мизийской плите выделяются два малозначительных по масштабу очага генерации нефтяных УВ ($0,1-0,2 \times 10^6 \text{ т/км}^2$), что связано, в первую очередь, с небольшой мощностью кайнозойских отложений;

– больший по масштабу нефтеобразования ($Q_g - 2,24 \times 10^6 \text{ т/км}^2$) очаг приурочен к участку склона, примыкающего к Мизийской плите;

– основной очаг генерации нефтяных УВ расположен в пределах шельфовой части Нижнекамчийского прогиба и склона. С северо-запада на юго-восток в этом очаге три зоны выделяются на шельфе (1 – до $0,5 \times 10^6 \text{ т/км}^2$, 2 – $0,5-1,0 \times 10^6 \text{ т/км}^2$, 3 – $1,0-1,5 \times 10^6 \text{ т/км}^2$) и три более значительных по масштабу зоны – в пределах склона (4 – $1,5-2,0 \times 10^6 \text{ т/км}^2$, 5 – $2,0-2,5 \times 10^6 \text{ т/км}^2$, 6 – $2,5 \times 10^6 \text{ т/км}^2$ и более);

– очаг генерации УВ выявлен на небольшой площади в Бургасской впадине – Q_g менее $0,5 \times 10^6 \text{ т/км}^2$.

Проведенные расчеты Q_g позволили наглядно выявить различный вклад стратиграфических подразделений кайнозоя в процессы нефтеобразования. Установлено, что в большей части оценочных разрезов основными генераторами нефтяных УВ являются отложения верхнего подкомплекса среднего-верхнего эоцена и в значительно меньшей степени олигоцена. Последние в пределах шельфа только вошли в температурные условия ГЗН. Рассматривая в общих чертах динамику нефтегенерационного процесса во времени следует отметить, что почти во всех изученных разрезах, особенно в пределах склона, около половины объема пород, находящихся в условиях современной ГЗН, вовлекались в нефтегенерационный процесс в течение последнего этапа геологической истории в интервале от 0,5 до 25 млн лет. Это обстоятельство определяет геохронологический контроль процессов миграции и аккумуляции нефтяных УВ из более глубоких толщ кайнозоя в структурах, образование которых завершилось в палеогеновое время. Наиболее благоприятные условия для насыщения ловушек нефтяными УВ в кайнозойских недрах представляются для глубоководного продолжения Нижнекамчийского прогиба в пределах континентального склона, где выявлены наибольшие значения Q_g . На основе выполненного анализа для поисков продуктивных структур представляется актуальным дальнейшее изучение геологического строения континентального склона Болгарии. Для этого необходимо проведение здесь детальных сейсмических исследований с высокой разрешающей способностью с целью картирования всей кайнозойской толщи и выявления природы разрывных нарушений. Выполненный на этой основе сейсмостратиграфический анализ позволит более уверенно прогнозировать мощности комплексов отложений и их литофациальную изменчивость.

НЕТРАДИЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ И СКОПЛЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ: ПРИРОДА И СПЕЦИФИКА ПРОЦЕССОВ НЕФТЕГАЗОНАКОПЛЕНИЯ

Б.М. Валяев

Институт проблем нефти и газа РАН, 119333 Москва, ул. Губкина, д. 3; valyb@mail.ru

Начало XXI века ознаменовалось переходом к широкому использованию ресурсов нетрадиционного углеводородного сырья (Высоцкий, Дмитриевский, 2008; Якуцени и др., 2009; и др.). Обозначились два «прорыва», относящиеся к разработке битуминозных песков (Атабаска, Канада) и сланцевого газа (США). На очереди ещё один ожидаемый «прорыв» при завершении создания технологий по разработке скоплений газогидратов. Однако на фоне успехов в создании новых, сложных и дорогостоящих технологий острее ощущается недостаточность усилий по осмыслению новой информации о распространении и условиях залегания нетрадиционных скоплений углеводородов и необходимость более глубокого понимания механизмов их формирования, их природы.

В спектре основных нетрадиционных ресурсов углеводородов с долей условности обособляются три их группы.

К первой группе относятся битумы, тяжёлые нефти и газогидраты, скопления которых приурочены к приповерхностному интервалу до глубин 1–1,5 км. По масштабам это главный интервал в ныне разбуренном и изученном диапазоне глубин (Валяев, 2007), ресурсы углеводородов которого в нетрадиционной (unconventional) форме в несколько раз превышают известные традиционные ресурсы нефти и газа.

Для всех нетрадиционных ресурсов и их скоплений вообще, а для приповерхностного интервала в особенности, характерна крайняя неравномерность глобального и регионального распространения (Валяев, 2009; Валяев и др., 2007).

В нефтегазоносном бассейне Западной Канады ресурсы битумов и тяжёлых нефтей пояса Атабаска оцениваются величиной в 220 млрд т (Skipper, 2001). Только в нижнемеловых битуминозных песках McMurray-Wabiskaw на месторождении Атабаска-Уобаска сосредоточено около 140 млрд т, из них 23 млрд т при глубине залегания до 15 м в конце 2002 г. были переведены в разряд доказанных извлекаемых запасов нефти. Пояс Атабаска расположен на пологом западном склоне Канадского щита, при этом глубина до фундамента в пределах пояса не превышает 600 м, а в пределах «монстра» Атабаска-Уобаска – 300 м. В западной, более погружённой до глубины 3–6 км того же Западно-Канадского бассейна распространены традиционные нефтегазовые скопления. Формирование битуминозного пояса Атабаска могло быть связано только с дальней латеральной миграцией из самой западной части палеобассейна, которая ныне погружена под надвиги Скалистых гор.

Пояс тяжёлых нефтей Оффисина (Восточно-Венесуэльский бассейн) расположен на пологом до глубин 1,5 км северном склоне Гвианского щита. Здесь в полосе 625 x 65 км ресурсы тяжёлой нефти оцениваются величиной от 400 до 500 млрд.т. По соседству, в северной более погруженной части бассейна, разрабатываются месторождения обычной нефти. Как и в случае с Атабаской, формирование тяжёлых нефтей пояса Оффисина могло быть связано только с дальней лате-

ральной миграцией с севера, со стороны складчатого обрамления бассейна из-под надвига Карибских Анд. В сравнении с бассейнами уникально богатыми традиционными углеводородными ресурсами, для которых предполагаемые «нефтегазосборные» площади достигают многих сотен тысяч и первых миллионов км², «нефтегазосборная» площадь в современных границах Восточно-Венесуэльского бассейна не превышает 100 тыс. км². Из анализа геологической ситуации следует однозначный вывод о формировании скоплений битумов и тяжёлых нефтей в рассмотренных поясах Атабаска и Оффисина за счёт глубинных углеводородных флюидов, импрегнированных по каналам, приуроченным к зонам срывов в осадочном чехле и фундаменте.

Скопления битумов и тяжёлых нефтей формируются на склонах докембрийских щитов в зонах выклинивания региональных покровов. Трансформация углеводородных флюидов сопровождается потерей газообразных и низкомолекулярных жидких углеводородов. Таким образом, в приповерхностном интервале в отсутствии ловушек происходит не аккумуляция, а улавливание, утилизация тяжёлых нефтей и битумов, как остаточных продуктов трансформации глубинных углеводородных флюидов. Суперуникальные по масштабам углеводородных ресурсов пояса Атабаска и Оффисина, маркируют эпицентры крупнейших глобальных «полюсов» накопления нетрадиционных ресурсов в форме битумов и тяжёлых нефтей. Но задействованы были не только особые условия нефтенакпления, но и уникальные масштабы вторжения глубинных углеводородных флюидов.

Ресурсы газогидратного метана большинством специалистов оцениваются величиной от 5×10^{15} до $2 \times 10^{16} \text{ м}^3$, т.е. на 1–2 порядка величин больше извлекаемых запасов газа ($1.8 \times 10^{14} \text{ м}^3$) традиционного типа. Основные ареалы распространения газогидратов приурочены к континентальным окраинам Мирового океана. В приповерхностном интервале донных осадков до глубин 500–1000 м возможно нахождение скоплений газогидратов, поскольку здесь располагается специфическая зона термодинамической стабильности клатратов метана (при глубинах водного столба, превышающих 400–600 м). Зона стабильности газогидратов (ЗСГ) совпадает в основном с интервалом распространения неконсолидированных осадков. Латеральная миграция в таких осадках затруднена, ещё менее она вероятна в ЗСГ. В отсутствие газосборных площадей формирование гигантских газогидратных скоплений возможно лишь при интенсивной вертикальной миграции углеводородов из их источников. Из-за отсутствия качественных региональных покровов каналы миграции углеводородов могут пронизывать снизу ЗСГ вплоть до морского дна. Эти каналы контролируются обычно инъекционными структурами типа диапиров, псевдодиапиров, труб (chimneys); наиболее интенсивные из них ассоциируются с грязевыми вулканами (Дмитриевский, Валяев, 2002). В донных осадках на участках выходов каналов на морское дно и разгрузки углеводородов часто фиксируются очаговые скопления газогидратов (Соловьёв, 2003). Глубинная природа углеводородов была обоснована нашими работами как для интенсивных разгрузок углеводородов, так и для формирования скоплений газогидратов в осадках дна Мирового океана (Дмитриевский и Валяев, 2002, 2004; Dmitrievsky and Valyaev, 1998, 2001, и др.). Из рассмотренных нами материалов по газогидратности специально разбуренных и изученных регионов севера Аляски и Канады в формировании газогидратных скоплений Эйлин, Тарн и Маллик выявилась ведущая роль вертикальных перетоков глубинных углеводородов, основные каналы которых контролируются региональными разрывны-

ми нарушениями (Валяев, 2010). Как и в случае со скоплениями тяжёлой нефти и битумов, для газогидратов характерно отсутствие контролирующей роли ловушек в формировании их скоплений, вторичность – наложенность залегания (нахождения) по отношению к осадочному чехлу в целом.

Вторая группа нетрадиционных ресурсов углеводородов представлена, в основном, водорастворёнными газами, а также скоплениями сланцевых газов и нефтей, ассоциирующихся с «нефтематеринскими» комплексами отложений. Интервал глубин их распространения от 1–1,5 км до 4–4,5 км; для традиционных ресурсов углеводородов этот интервал совпадает с глубинами главных зон нефте- и газо-накопления. Это совпадение закономерно, поскольку в этом интервале глубин формирование традиционных и нетрадиционных скоплений газа происходит параллельно (взаимосвязано). Формирование традиционных скоплений газа в первично поровых резервуарах, занятых водами, становится возможным только при интенсивных подтоках газа (углеводородных флюидов) и достижении концентраций водорастворённого газа (метана), превышающих предел его растворимости в пластовых условиях. Неизбежно возникают ситуации, при которых выделившийся свободный газ участвует в оттеснении воды с формированием скоплений традиционного газа в первичных резервуарах.

Обычно максимальная газонасыщенность пластовых вод фиксируется вблизи контуров газовых (газоконденсатных) залежей и последовательно снижается по мере удаления от них. В отдельных случаях региональная газонасыщенность пластовых вод приближается к предельной (сеноманский комплекс севера Западной Сибири) и, даже достигает её (хадумский комплекс Ставрополя). Все же запасы обычных (свободных) газов в залежах во много раз уступают ресурсам водорастворённых газов в тех же продуктивных комплексах. И для отдельных крупных и гигантских газовых и газоконденсатных скоплений, и для их совокупностей в пределах нефтегазоносных комплексов, отмечается прямая корреляция их запасов с ресурсами сопутствующего им водорастворённого метана. Генетическое единство этих двух типов газа, утилизированных в разной форме очевидно.

Как и для остальных традиционных и нетрадиционных углеводородных ресурсов, для водорастворённого метана характерна крайне неравномерная глобальная и внутрирегиональная распространённость. Газ, растворённый в пластовых водах по масштабам нетрадиционных ресурсов газа, считается одним из самых значимых. Глобальные ресурсы водорастворённого метана оцениваются величиной от 10^{16} до 10^{17} м³. При добыче водорастворённого газа вместе с водой возникают проблемы с утилизацией извлекаемой воды. Низкие дебиты (до первых десятков тысяч м³) и низкие давления газа позволяют использовать его лишь для местных нужд. До настоящего времени масштабы добычи водорастворённого метана не велики и «прорывов» в его разработке и использовании в обозримом будущем не просматривается.

Хотя наибольшие успехи в использовании нетрадиционных ресурсов природного связаны с разработкой сланцевого газа, в отношении его природы при переинтерпретации новых данных ситуация оказывается наиболее сложной. В традиционных представлениях о связи этого газа с преобразованием ОВ «материнских» пород, казалось бы, трудно усомниться, поскольку он добывается из этих самых «материнских» комплексов. Однако новые данные подтверждают выдвинутую нами ранее концепцию об участии глубинных углеводородных флюидов в образовании осадочных комплексов, обогащённых органическим веществом, би-

тумами и углеводородными газами – классических «нефтематеринских» свит, черных и горючих сланцев, углей (Валяев и Дмитриевский, 1991). Разработка этой концепции продолжалась и может быть продвинута далее.

Обогащение накапливающихся голоценовых осадков за счет придонных углеводородных разгрузок проявляется наиболее ярко в бассейнах типа Черного моря, где уже открыто более 4000 разгрузок⁸.

Участие разгрузок глубинных флюидов в обогащении органическим веществом отложений доманика – другой классической нефтематеринской «свиты» – подтверждено широким комплексом изотопно-геохимических аномалий (Готтих, Писоцкий, 2006). По материалам баженовской свиты Западной Сибири прослеживается возобновление локализованных подтоков глубинных углеводородных флюидов и на стадии катагенеза. В близи каналов подтоков в ореолах вторжения формируются вторичные нефтегазовые залежи, сопровождающиеся проявлениями интенсивных АВПД и геотермических аномалий (Салымское месторождение и др.). Наиболее высокие дебиты газа и нефти из сланцевых комплексов с использованием жестких технологий многоствольного бурения горизонтальных скважин с массивными гидроразрывами и газо-паровым воздействием естественно будут получены в тех локальных участках, в пределах которых происходила наиболее интенсивная импрегнация углеводородных флюидов в «нефтематеринские» сланцевые комплексы.

Еще один тип нетрадиционных ресурсов газа – газы низкопроницаемых плотных (tight) песчаников – все более успешно вовлекается в разработку в последние годы. Основным резервуаром этих газов являются мелкозернистые песчаники и алевролиты, на больших глубинах при этом отличающиеся плотностью и проявлениями АВПД. Формированию скоплений газа в этих породах благоприятствует их нахождение под изолирующими крышками, при этом ловушки, как таковые, часто отсутствуют. Вторжение углеводородных флюидов происходит параллельно с деформациями и вторичными изменениями вмещающих газ пород. В сущности, для этого типа нетрадиционных ресурсов углеводородов, фактором, определяющим формирование их скоплений, является импрегнация углеводородов в возникающие вторичные резервуары – формирующиеся флюидизированные очаги (Валяев, 1985, и др.).

По материалам рассмотренных групп нетрадиционных углеводородов выявляется единство процессов формирования их скоплений, связанное с вторжением, импрегнацией, трансформацией и утилизацией глубинных углеводородных флюидов, вторжения, сопровождаемого также гигантскими масштабами их рассеяния при сквозных разгрузках углеводородов в воды Мирового океана и атмосферу (Дмитриевский, Валяев, 1991, 2002 и др.). Таким образом, онтогенез процессов формирования нетрадиционных скоплений углеводородов может быть суммирован формулой ВИТУР (вторжение, импрегнация, трансформация, утилизация, рассеяние). Единство формирования всех скоплений углеводородов традиционного и нетрадиционного типа также не вызывает сомнения и наиболее ярко проявляется при образовании «сложных» многопластовых месторождений, в

⁸ В палеобассейнах, на суше, сквозные разгрузки углеводородных флюидов, достигающие атмосферы, в конечном итоге утилизируются в биосфере и, в конечном счете, также способствуют дополнительному обогащению почв и осадочных отложений органическим веществом, битуминозными компонентами и газами.

которых по разрезу прослеживается изменение облика и фазового состояния залежей от обычных до тяжелых нефтей, до скоплений обычного и гидратного газа (пример – группа месторождений Купарук Ривер – Прадхо Бей). В этом плане новая формула ВИТУР более адекватно отражает и процессы формирования традиционных залежей нефти и газа, чем общепринятая формула ГАК или ГМАК (генерация, миграция, аккумуляция, консервация), как в отношении источников углеводородов, так и в отношении энергетики этих процессов.

Выводы

1. Формирование нетрадиционных скоплений углеводородов происходило в ореолах вторжения глубинных углеводородных флюидов, по разным механизмам импрегнации, утилизации и рассеяния продуктов их трансформации.
2. В формировании нетрадиционных скоплений и ресурсов углеводородов не задействованы нефтегазосборные площади осадочных бассейнов и их «нефтематеринские» свиты по формуле ГМАК (генерация, миграция, аккумуляция, консервация).
3. При формировании нетрадиционных скоплений углеводородов первичные ловушки для их образования и сохранности – консервации не обязательны.
4. Источником образования всех (традиционных и нетрадиционных) скоплений и ресурсов углеводородов служили вторгающиеся глубинные углеводородные флюиды.
5. Онтогенез процессов нефтегазонакопления выражается не формулой ГМАК, а формулой ВИТУР (вторжение, импрегнация, трансформация, утилизация и рассеяние).

Литература

1. *Валяев Б.М.* Арктические и приарктические регионы: специфика процессов нефтегазонакопления // Электронный научный журнал «Георесурсы. Геоэнергетика. Геополитика» (<http://oilgasjournal.ru/2009-1/1-rubric/valyaev.html>). 19 с.
2. *Валяев Б.М.* Глобальные неравномерности распространения нетрадиционных ресурсов нефти и газа // Химия нефти и газа: Материалы VII Международной конференции. Томск: Изд-во Ин-та оптики атмосферы СО РАН, 2009. С. 73-75.
3. *Валяев Б.М.* Механизм накопления и разряды упругих напряжений в активно флюидизирующихся очагах (в связи с процессами дегазации Земли) // Дегазация Земли и геотектоника. Тезисы докладов II Всесоюзного совещания. М.: Наука, 1985. С. 130-132.
4. *Валяев Б.М.* Приповерхностный интервал нефтегазонакопления: специфика и масштабы утилизации углеводородных флюидов // Геология морей и океанов: Материалы XVII Международной научной конференции (Школы) по морской геологии. Т. 1. М.: 2007б. С. 92-95.
5. *Валяев Б.М.* Проблема генезиса нефтегазовых месторождений: теоретические аспекты и практическая значимость // Генезис углеводородных флюидов и месторождений. М.: ГЕОС, 2006. С. 14-22.
6. *Валяев Б.М.* Углеводородная дегазация Земли: масштабы и роль в нефтегазонакоплении // Геология нефти и газа. 1994. № 9. С. 38-42.
7. *Валяев Б.М.* Утилизация локализованных разгрузок и потоков углеводородов в водной толще и донных осадках акваторий // Геология морей и океанов: Материалы XVII Международной научной конференции (Школы) по морской геологии. Т. 1. М.: 2007а. С. 95-97.

8. *Валяев Б.М., Дмитриевский А.Н.* Единство генезиса горючих ископаемых – новая основа // Дегазация Земли и геотектоника. Тезисы докладов III Всесоюзного совещания. М.: Наука, 1991. С. 124-126.

9. *Валяев Б.М., Смирнова М.Н., Юркова Р.М.* Глубинные углеводородные флюиды в процессах нефтегазоанакопления // Фундаментальные проблемы геологии и геохимии нефти и газа в развитии нефтегазового комплекса России. М.: ГЕОС, 2007. С. 47-54.

10. *Высоцкий В.И., Дмитриевский А.Н.* Мировые ресурсы нефти и газа и их освоение // Российский химический журнал. 2008. Т. LII, №6. С. 18-24.

11. *Готтих Р.П., Писоцкий Б.И.* К вопросу о формировании нефтематеринских толщ // Георесурсы. 2006, №4 (21). С. 6-11.

12. *Дмитриевский А.Н., Валяев Б.М.* Распространение и ресурсы мета на газовых гидридов // Наука и техника в газовой промышленности. 2004. №1-2. С. 5-13.

13. *Дмитриевский А.Н., Валяев Б.М.* Углеводородная дегазация Земли через дно океана: локализованные проявления, масштабы, значимость // Дегазация Земли и генезис углеводородных флюидов и месторождений. М.: ГЕОС, 2002. С. 7-36.

14. *Dmitrievsky A.N., Valyaev B.M.* New data of the gas hydrates in the World Ocean and the prospects of their exploration // Proceedings of Indo-Russian Joint workshop on gas hydrates under JLTP. Department of ocean development Government of India. 2001. P.127-134.

КОСВЕННЫЕ ПРИЗНАКИ СУЩЕСТВОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ ГАЗОГИДРАТОВ

З.А. Васильева, Д.С. Джафаров

Российский государственный университет нефти и газа имени И.М. Губкина,
119991 Москва, Ленинский проспект, 65

In work gas hydrate presence indirect attributes complex of technogenic character are considered. For revealing and substantiation of signs the analysis of processes is carried out at opening gas hydrate thicknesses with application analytical research. For each sign the reasons of its occurrence and the phenomena accompanying them are opened. The interrelation of phase transitions of heterogeneous system gas-water-ice-hydrate and complications in the course of drilling is shown.

Исследования, проведенные в последние годы, показывают, что в толще мерзлых пород могут существовать газогидраты как в зоне стабильности (ниже глубин 250 м), так и выше, в зоне метастабильности (выше 250 м), где газогидраты существуют благодаря эффекту самосохранения при отрицательных температурах. Однако, в силу сходства свойств льдо- и гидратосодержащих пород при стандартном геофизическом исследовании скважин газогидратные скопления возможно принимаются за мерзлые породы. Разведочных буровых работ на природные газогидраты на территории России практически не проводилось. Оценка прогнозного содержания газа в гидратном состоянии давалась только исходя из благоприятных геолого-термобарических условий.

Накопленный опыт строительства скважин в криолитозонах свидетельствует о возникновении аварийных ситуаций, которые часто приводят к катастрофическим последствиям. Поэтому, прежде всего, необходима методика поиска гидратов, которая бы включала набор методов определения косвенных признаков

наличия газогидратов во вмещающих породах. Для каждого признака должны быть вскрыты причины его возникновения и сопутствующие им явления. Таким образом, целью работы является выявление косвенных признаков техногенного характера существования природных газогидратов как в зоне стабильности, так и в зоне метастабильности.

Газогидрат, также как и лед, является цементирующим веществом между минеральными частицами, поэтому растепление ведет к потере устойчивости пород, к обрушению отдельных интервалов ствола скважины, перераспределению напряжений и нагрузок по обсадной колонне.

Кроме того, разложение метастабильного газового гидрата и таяние льда создают в породе благоприятные термодинамические условия для образования каверн. Таяние льда создает дефицит давления, а разложение газогидрата – избыток давления. Под воздействием градиента давления в слабоцементированной протаявшей породе небольшие разрывы пласта приводят к интенсивному кавернообразованию. Развитие кавернообразования в зависимости от строения пласта.

1. Если верхний слой не содержит плотных пород, образуются открытые каверны. Каверны, заполненные газированной водой, являются причиной снижения давления на нижележащие пласты с более высоким гидратосодержанием (возможно в зоне стабильности) и способствуют эндотермическому разложению гидратов, что в свою очередь приводит к охлаждению призабойной зоны, процесс которой описан выше. Часть газа, возможно, поступает в скважину, но наиболее вероятен прорыв газа на поверхность (по направлению градиента давления), о чем свидетельствует газирование вокруг устья скважины. В этом случае возможно поглощение бурового раствора даже с небольшой плотностью через образовавшиеся каверны. Возможно, в этом кроется одна из причин, почему при прохождении интервалов зоны стабильности гидратов в хороших коллекторах (песчаных слоях палеогена) Западной Сибири отмечались лишь слабые газопроявления, но чаще поглощения бурового раствора. Поскольку газопроявления считаются обязательным признаком наличия газогидратов, а поглощения бурового раствора не относились к косвенным признакам, верхние 800 м разреза в Западной Сибири в настоящее время не рассматриваются как газоносные.

Чтобы не замерзал буровой раствор, обычно во время простоев производят циклическую промывку скважины теплым буровым раствором, а это снова провоцирует термическое разложение гидрата и льда и, следовательно, дальнейшее кавернообразование. Таким образом, кавернообразование идет непрерывно и во время бурения и во время простоев.

Следствием повышенной кавернозности породы является некачественное цементирование, которое в свою очередь также способствует снижению давления, эндотермическому разложению гидратов и образованию грифонов.

Растепления стенок скважин и затрубная циркуляция наблюдались на многих скважинах Бадаранской, Нижне-Вилуйской, Долгановской и других структур. Интенсивные кавернообразования осложняли спуск обсадных колонн, и мерзлая толща часто оставалась непокрытой. Неучтенные объемы протаявших каверн служили причиной недоподъема цементного раствора в затрубном пространстве.

2. Если верхний слой содержит плотные прослойки пород, образуются закрытые каналы, заполненные газированной водой с давлением значительно превышающим пластовое, тогда наиболее вероятен прорыв газа в скважину. Сначала газ поступает из пристенных каналов, снижает плотность бурового раствора и, соот-

ветственно, снижает давление, что способствует интенсификации эндотермической диссоциации гидрата. Развитие процесса разгазирования (прорыв газа из других каналов) может привести к аварийному выбросу, дальнейшему снижению давления и к резкой интенсификации процесса разложения газовых гидратов.

3. Возможен третий вариант, когда первоначально идет накопление газа в замкнутых каналах, а затем происходит прорыв газа и в скважину и на поверхность. Так, известен случай на севере Тюменской области на буровой 4-Тазовская возник приустьевой пожар, в течение 15 минут полностью уничтоживший буровую установку, а в окрестности скважины на расстоянии до 1,5 км образовались многочисленные газовые грифоны, разрушавшие поверхностный тундровый слой и загрязнявшие воздушный бассейн.

Выводы

Механизмы осложнений в процессе бурения и разложения газогидратов характеризуются сложным взаимовлиянием.

Термическое разложение метастабильного газового гидрата и таяние льда создают в породе благоприятные термодинамические условия для интенсивного образования каверн. Кавернообразование ведет к ряду осложнений при бурении: поглощению бурового раствора, некачественному цементированию, газопроявлениям, является причиной эндотермического разложения гидратов, которое, в свою очередь, приводит к интенсификации перечисленным осложнениям, а также и к смерзанию бурового оборудования.

Итак, перечислим осложнения при бурении, причиной которых могут являться природные газогидраты:

- интенсивные газопроявления, аварии, выброс бурового инструмента;
- кавернообразование;
- потеря устойчивости и обрушение отдельных интервалов ствола скважины;
- образование ледяных и гидратных пробок, смерзание бурового оборудования в интервалах с положительной пластовой температурой или отрицательной близкой к нулю;
- поглощения бурового раствора с небольшой плотностью;
- газирование вокруг устья скважины в период, когда продуктивный газовый пласт еще не вскрыт;
- некачественное цементирование.

Выбросы метана в атмосферу при бурении скважин усиливают парниковый эффект, так как метан является парниковым газом, активность которого в 21 раз больше, чем у углекислого газа.

С другой стороны, перечисленные осложнения можно рассматривать как косвенные признаки техногенного характера наличия газогидратных залежей.

Для предупреждения осложнений необходимо контролировать термобарический режим бурящейся скважины. Недостаточная геокриологическая изученность на наличие природных газогидратов, неуправляемость термодинамическим режимом в скважине и в окружающих породах, несовершенство способов цементирования в мерзлых породах являются причинами экстремальных техногенных явлений в процессе бурения скважин.

ОРГАНИЧЕСКИЕ КОМПОНЕНТЫ ОСАДОЧНО-ВУЛКАНОГЕННЫХ ПОРОД НИЖНЕГО ТРИАСА НА СЕВЕРЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Д.И. Васянина, А.В. Соловьёва, М.Г. Фрик

ОАО «КАМНИИКИГС» (Г. ПЕРМЬ)

The aim of the work is to determine the composition and genesis of liquid hydrocarbons and bitumens in rocks of volcanic-sedimentary complex of deep wells of Western Siberia. It is suggested that bitumens may like to migrate from the sediments, and occur in the processes of abiogenic synthesis.

В земной коре практически повсюду встречаются органическое вещество (ОВ) и битумоиды, независимо от глубины, литологии и термодинамических условий. Актуальной остается проблема генезиса органического вещества в условиях, не типичных для осадочных отложений, при которых не всегда легко объяснимы сами факты существования органических соединений сложного состава, их количество и геохимическая история.

Целью работы является выяснение особенностей состава и генезиса жидких углеводородов и битумоидов в породах вулканогенно-осадочного комплекса, вскрытых на севере Западной Сибири глубокими скважинами: Тюменской сверхглубокой (СГ-6) на глубине 6412,9–7502,2 м, Ен-Яхинской сверхглубокой параметрической (СГ-7) на глубине 7007,3–8250,2 м, Ярудейской параметрической (38) в интервале 4395,0–5010,1 м.

Содержание некарбонатного углерода (Снк) в базальтах и туфах СГ-6 варьирует в диапазоне значений от 0,01 до 0,73 %; в базальтах, долеритах, туфах, туффитах СГ-7 - от 0,03 до 0,22 %, в туфах и туффитах Ярудейской скв.38 - от 0,01 до 0,49 % при фоновой концентрации Снк < 0,1 % в более 70 % образцов (рис. 1).

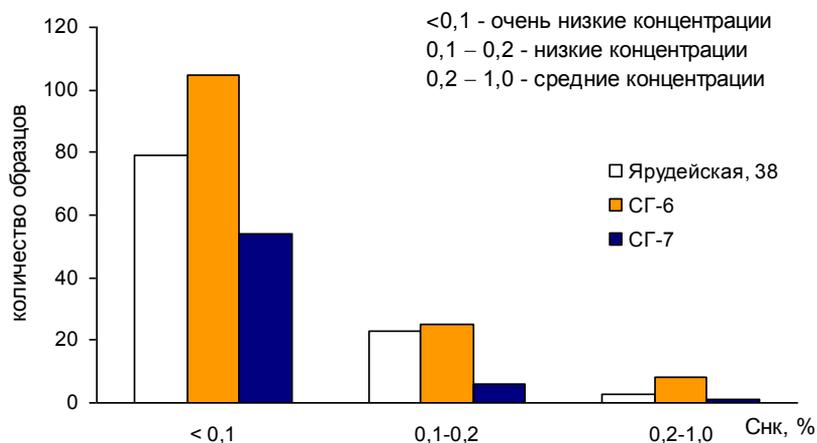


Рис. 1. Распределение некарбонатного углерода в породах

Битуминозность пород комплекса очень низкая, концентрация хлороформенных битумоидов ($B_{хл}$) менее 0,005 % в 95 % образцов, хотя единичные значения

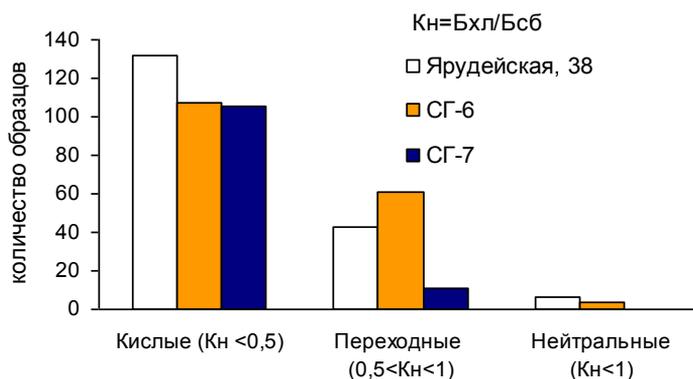


Рис. 2. Характер битумоидов пород

достигают средних и повышенных даже для осадочных отложений (в СГ-6 - 0,02 %; в СГ-7 - 0,03 %; в Ярудейской 38 - 0,08 %). Степень битуминозности для 70-85 % образцов менее 1%, в отдельных образцах - до 22-50 %. Доля кислых спиртобензольных битумоидов ($B_{сб}$) повсеместно несколько повышена (рис. 2). Лёгкие петролейноэфирные битумоиды ($B_{пэ}$) отсутствуют в 65-97 % образцов, в остальных обнаружены в следовых концентрациях.

В базальтах, долеритах, туфах органическое вещество петрографически не диагностируется, в том числе и в образцах с концентрациями углеродистых веществ, превышающими фоновые. Базальты (СГ-6, СГ-7) и туфы (скв. 38), в шлифах которых при УФ свете обнаружено миграционное битуминозное вещество, содержат не менее 0,0075 % (до 0,02 %) $B_{хл}$ маслянистого и маслянисто-смолистого типов, следовые количества $B_{пэ}$ (до 0,0006 %) при широком диапазоне колебаний количества $B_{сб}$ (от очень низких - 0,0025 до повышенных - 0,08 %).

Молекулярная структура битумоидов, судя по ИК-спектрам, характеризуется обилием и разнообразием кислородсодержащих соединений (поглощение в областях 1740-1650, 1200-1000 $см^{-1}$ очень велико). Высокая окисленность битумоидов обусловлена наличием в молекулярном составе различных по структуре соединений: простых и сложных эфиров, кетонов (в том числе хинонов), альдегидов. Отличительной особенностью спектров битумоидов Ярудейской скв. 38 является сверхсильная интенсивность полосы поглощения 1260 $см^{-1}$, являющаяся зачастую самой сильной полосой спектра. В области 1200-1000 $см^{-1}$ наблюдается «двурогий пик», который, скорее всего, свидетельствует о значительной части метаморфизованных соединений в молекулярном составе. Во фракционном составе повышена роль метаново-нафтеновых углеводородов и тяжелых смол (рис. 3).

Изотопный состав некарбонатного углерода, битумоидов и фракций разной полярности вулканогенно-осадочного комплекса специфичен (рис. 4). Значения $\delta^{13}C$ Снк вулканогенных пород СГ-7 изменяются в диапазоне от -28,5 до -24,9 ‰. Битумоиды, выделенные из базальтов, отличаются близким изотопным составом углерода (-28,7 ‰; -28,8 ‰) и распределением изотопов по разнополярным фракциям. Изотопно-фракционные кривые вулканических пород заметно отличаются от изотопных кривых осадочных отложений триаса и юры. В битумоидах базаль-

тов вещество преобразовано настолько сильно, что нивелированы различия между фракциями разной полярности, лишь метаново-нафтенновые УВ остаются самым

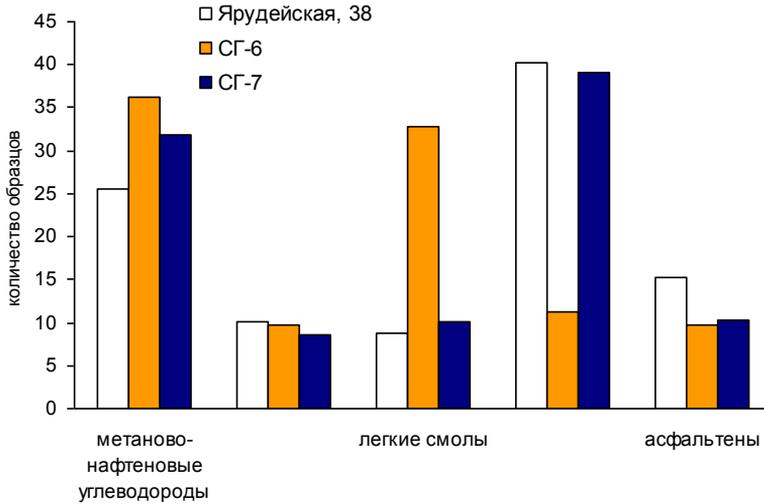
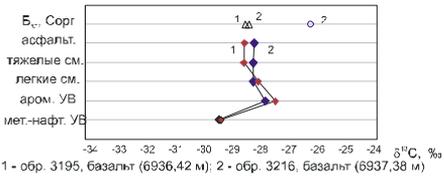
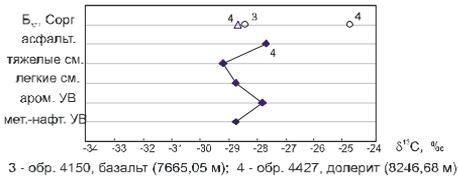
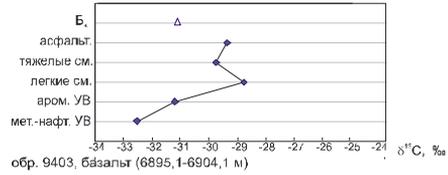


Рис. 3. Фракционный состав хлороформенных битумоидов

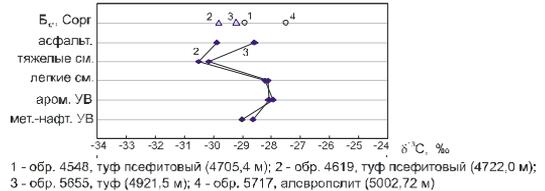
а. Ен-Яхинская скв. СГ-7



б. Тюменская скв. СГ-6



в. Ярудейская скв.38



Обозначения:

△ Б_н
○ Сорг

Рис. 4. Изотопный состав некарбонатного углерода и битумоидов пород

изотопно-легким компонентом. Распределение изотопов в битумоиде из долерита (8246,68 м) не характерно для какого-либо вида биогенного ОВ, фракция метаново-нафтенновых УВ является более тяжелой, чем смолы, различие $\delta^{13}\text{C}$ Снк и Б_{хл} велико (4 ‰).

В вулканических породах СГ-6 изотопный состав битумоидов совсем иной: базальты изотопно-легче, чем в СГ-7, а изотопно-фракционное распределения в битумоидах отражает процессы термического преобразования и окисления органического вещества. Среди компонентов битумоида преобладают метаново-

нафтеносодержащие УВ, содержание ароматической фракции и асфальтенов мало. Углеводородные фракции образуются при термическом разрушении более тяжелых соединений, что сопровождается накоплением ^{12}C в метаново-нафтеносодержащей фракции. Генезис битумоидов в вулканических породах, возможно, связан с миграцией из нижележащих осадочных отложений палеозоя.

В туфах Ярудейской скв. 38 основными компонентами битумоидов являются тяжелые смолы и метаново-нафтеносодержащие УВ, среди *n*-алканов – УВ со средней длиной цепи, максимумами на *n*- C_{17-30} , иногда с явным преобладанием нечетных структур. В образцах с бимодальным распределением второй максимум приурочен к *n*- C_{33} . Во всех пробах присутствуют высокомолекулярные *n*-алканы. Возникновение битумоидов в туфах также связано с миграцией битумоидов из осадочного чехла. Значения $\delta^{13}\text{C}$ битумоидов (-30,1--28,9 ‰) не показательны для определенного типа органики. Некарбонатный углерод в большей степени обогащен тяжелым изотопом ^{13}C , чем в вышележащих триасо-юрских отложениях, где, наоборот, битумоид «тяжелее» ОВ. Изотопные кривые битумоидов туфов идентичны по форме и значениям $\delta^{13}\text{C}$ фракций. Распределение по фракциям не отражает тип биопредшественника и историю его преобразования, а только высокую степень термической деструкции вещества. Не характерное для биологических систем обогащение метаново-нафтеносодержащей фракции тяжелым изотопом, низкое содержание ^{13}C в тяжелых смолах и асфальтенах, легкий изотопный состав всех фракций битумоида свидетельствует о его миграционном характере.

Таким образом, в вулканогенно-осадочных породах обнаружены битумоиды, генезис которых, скорее всего, связан с миграцией из осадочных отложений и с последующими окислительно-деструкционными процессами. Не исключено, что частично битумоиды магматических пород могли образоваться и в процессах гидрогенизации рассеянного углерода или синтеза из глубинных газов.

ВЛИЯНИЕ СОВРЕМЕННОЙ ГЕОДИНАМИКИ НА ФОРМИРОВАНИЕ СКОПЛЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ В ПРОТЕРОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ БАЛТИЙСКОГО ЩИТА

А.Я. Введенская

INFLUENCE OF PRESENT GEODYNAMICS ON FORMING HYDROCARBON ACCUMULATIONS IN PROTEROZOIC DEPOSITS, BALTIC SHIELD

A.Ya. Vvedenskaya

ФГУП «ВНИГРИ» 191104 г. Санкт-Петербург, Литейный пр., д. 39
All-Russia Petroleum Research Exploration Institute (VNIIGRI), St. Petersburg, Russia

Two zones on the Baltic Shield territory (central part of the Kola Peninsula and Northern Preonezhie) characterized by similar geodynamic activity but with the different conditions of hydrocarbon forming in Proterozoic deposits are analyzed.

На территории Балтийского щита были проанализированы две схожие по геодинамической активности зоны, но с различными условиями формирования углеводородов (УВ) в протерозойских отложениях. Первая зона – центральная часть Кольского полуострова, вторая зона – северное Прионежье.

Обе эти зоны характеризуются интенсивными дифференцированными вертикальными подвижками, они осложнены глубинными разломами и представляют собой сеймотектонические трещины растяжения (котлованы), заполненные водой с обрывистыми скальными склонами, которые возникли в результате древних землетрясений, и образуют систему озер, примыкающих к приподнятым массивам.

В первой зоне выявлены контрастные блоковые движения. Выделяя Хибинско-Ловозерскую неоструктуру, Б.И. Кошечкин определил амплитуду поднятия за неоген-четвертичное время порядка 600–900 м. А за четвертичный период, по данным А.А. Никонова, – 200 м со скоростью соответственно 0,3 и 1,2 мм/год и опускание примыкающих к ним Ловозерской и Умбозерской впадин. В этой зоне отмечается значительное число слабых местных землетрясений (не более 3–6 баллов с глубиной очага 3–5 км), зарегистрированных сейсмической станцией «Апатиты». Повышенная сейсмоактивность наблюдалась в южной части Хибинского массива.

Во второй зоне по данным Б.Ф. Землякова, Н.И. Гуриной и Г.А. Панкрушева в районе г. Повенец отмечается поднятие за последние 5 тыс. лет – 14 м, за 3,9 тыс. лет – 10 м, за 2 тыс. лет – 4 м, т.е. средние скорости соответственно 2,8; 2,5; 2 мм/год.

В северной части Прионежья в результате геоморфологических и геологических исследований обнаружены многочисленные разнообразные следы воздействия сильных подземных толчков на породы. Сейсмодислокации сконцентрированы на площади около 2500 м². Это – трещины растяжения, так называемые тектонические рвы, которые были заполнены водой и образовали целую систему малых озер (Парозеро, Толозеро, Валозеро и другие). На склонах озерных котлованов – сбросовые уступы, высотой до 20 м со следами совсем молодых смещений, с огромными нагромождениями обломков. Радиоуглеводородный и сапропелевый анализы подтвердили, что эти озера образовались в результате сильных землетрясений 4200 лет назад и более древних – 7200 лет назад и более до 1 тыс. лет до нашей эры, интенсивность которых была до 9 баллов. Аналогической силы отмечалось землетрясение в 1929 г., в результате которого гигантская волна (высотой более 50 м) вместе с водой выплеснула суда из Онежского озера на юго-восточное побережье Сегозера. В почве отмечались существенные сдвиги [1].

В первой зоне отмечается увеличенный тепловой поток, который тесно связан с воздымающимися участками в новейшее время и, как правило, приурочен к зонам проявления тектоно-магматической палеозойской активации, совпадающей (по Г.П. Воеводовой и А.В. Савицкому) с линейными зонами разуплотнения земной коры и соответствующим им волнообразными поднятиями поверхности Мохо. Локальные участки с повышенными значениями теплового потока от 49 мВт/м² до 65 мВт/м² приурочены к восточной части Хибинского (Г.гр. от 2,2–3,05 °С/100 м) и западной части Ловозерского (до 2,2 °С/100 м) щелочным массивам [2].

Во второй зоне отмечаются самые низкие значения теплового потока от 7 до 12 мВт/м² (Г.гр. до 0,5 °С/100 м) [2].

В первой зоне газопроявления в скважинах и горных выработках приурочены к линейным зонам дробления и расщепления и выявлены в интрузивных щелочных и ультраосновных массивах: Хибинском, Мончегорском, Ловозерском, Ковдорском и др. На перечисленных массивах отмечается локальный характер

скопления газа, объемы которого контролируются зонами и участками развития макро- и микротрещин с открытой пористостью до 0,2–1,25 %. На участках повышенной проницаемости отмечаются примазки битумов по микротрещинам. С глубиной из локальных источников увеличивается интенсивность и продолжительность разгрузки свободных газовых струй в атмосферу. При этом отмечается пестрота состава газа, где преобладает метан от 65 до 98 %; тяжелых углеводородов около 1 %; аргона – 2,5 %; азота – 10–52 %; водорода – 1–20 % и повышенное содержание гелия от 1 до 4 %. Газы тесно связаны с минерализованными водами хлоридно-натриевого типа с высоким содержанием брома (3 мг/л) [3].

Особого внимания заслуживают оценки масштаба разгрузки углеводородных газов в пределах приразломного Хибинского щелочного массива, приуроченного к наиболее сейсмичеки активному участку. Средняя плотность потока метана (CH_4) из массива, по подсчетам исследователей, составляет 60–80 $\text{см}^3/\text{м}^2$. В пересчете на площадь Хибинского массива (около 1300 км^2) ежегодная разгрузка метана составляет величину порядка $n \cdot 10^5 \text{ м}^3/\text{год}$, конечно, она не может поддерживаться только газами, локализованными во включениях в породах. Для обеспечения таких масштабов разгрузки должны быть и другие источники – находящиеся под массивом изолированные очаги генерации газов. Можно предположить, что при наличии коллекторов и надежных покрышек, поток газов такой интенсивности способен в течение 2–3 млн лет сформировать месторождение с запасами $(2\div 3) \cdot 10^6 \text{ лет} \cdot n \cdot 10^5 \text{ м}^3/\text{год} = 200\div 300 \text{ млрд м}^3 \text{ газа}$ [4].

Вторая зона является уникальным «заповедником», где шунгитовые породы имеют широкое площадное распространение и наиболее детально изучены. Здесь открыты и частично разведаны Шуньгское, Голвуйское, Кочкомское и Нигозерское месторождения. Шунгитовые породы выявлены в протерозойских осадочно-метаморфических толщах с различным содержанием углерода. Шунгиты с содержанием УВ до 98 % образуют гнезда и жилы; с меньшим – до 75 % УВ слагают линзовидные, сигарообразные и крупные пластовые залежи в протерозойских породах; с небольшим содержанием УВ включения согласно слоистости имеют овальную форму, мощностью 1–1,5 см, диаметр 5–10 см.

Проблема генезиса шунгитов Балтийского щита во многом остается далекой от своего решения. Воззрения на их происхождение можно свести к двум точкам зрения. Во-первых, шунгиты могли образоваться в результате контактного воздействия интрузий на осадочные породы, обогащенные ОВ сапропелевого типа под действием плутонов или гидротерм. Но, с другой стороны, шунгиты могут быть продуктами эндогенного накопления углерода в земной коре, привнесенного глубинными потоками газовых флюидов, сопутствующими внедрению по глубинным разломам мантийных расплавов, которые выносились к дневной поверхности в результате активной вулканической деятельности, характерной для протерозойской эпохи. Об этом, в частности, свидетельствуют насыщенность шунгитов рассеянными и редкими металлами. Это ванадий, никель, молибден, мышьяк, т.е. элементы, превалирующие среди путных тяжелых металлов нефтей и природных битумов в нефтегазоносных провинциях [5]. Запасы и прогнозные ресурсы шунгитосодержащих пород Онежского авлакогена оцениваются в 1 млрд т.

Таким образом, были проанализированы две геодинамически активные зоны, где подвижки по разломам фундамента отражаются в рельефе зонами сжатия и растяжения. И, если в первой зоне отмечается современная дегазация, то во второй – уже сформировавшиеся месторождения шунгита, но с различным процент-

ным содержанием УВ. Возможно, высокое содержание УВ на некоторых месторождениях шунгита зависит не только от количества накопленного сапропеля, а приурочены к проницаемым зонам и связаны с более глубокими скоплениями УВ в кристаллическом фундаменте и периодической современной дегазацией.

Литература

1. Журавлев А.П., Эжман И.М. По следам землетрясения в Пегреме // Природа. 1989. № 6. С. 27-30.
2. Кравцов А.И. О перспективах нефтегазоносности Кольского полуострова // Известия ВУЗов. Геология и разведка. 1975. №5 С. 58-93.
3. Моисенко У.И., Смыслов А.А. Температура земной коры. М.: Наука, 1979. 183 с.
4. Хитаров Н.И. и др. Газы свободных выделений Хибинского массива // Советская геология. 1979. № 2. С. 62-73.
5. Филиппов М.М. и др. Органическое вещество шунгитоносных пород Карелии. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 1994. 208 с.

ПЛАСТОВО-БАРИЧЕСКАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ В НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ РАЙОНАХ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

А.Я. Введенская

FORMATION PRESSURE ZONATION IN PETROLEUM REGIONS OF RUSSIA

A.Ya. Vvedenskaya

ФГУП «ВНИГРИ» 191104 г. Санкт-Петербург, Литейный пр., д. 39.
All-Russia Petroleum Research Exploration Institute (VNIGRI), St. Petersburg, Russia

The basic geological conditions of developing the zones of abnormal high formation pressure (АНФР) are determined on the basis of analyzing the distribution of formation pressures and their abnormality by the Russia petroleum regions characterized by different geotectonic structure and development. These conditions include neotectonic activity, seals, area in deep-subside highly compacted deposits.

Three formation pressure levels varying in АНФР distribution depending on lithologic-tectonic conditions are established from surface to basement.

При глобальном обзоре намечается связь АВПД с новейшей и современной активностью тектоносферы. Высоконапорные месторождения углеводородов приурочены к подвижным зонам, к поясам землетрясений, вулканов, термальных вод, интенсивных изостатических аномалий, разуплотнений и «размягчения» подкорового вещества, высоких тепловых потоков (Аникеев, Введенская, 1975).

При региональном обзоре на основании ранее выявленных геологических критериев по выделению и прогнозу зон АВПД были проанализированы распределения пластовых давлений и их связь с нефтегазоносностью в недрах регионов Европейской части России. Эти геотектонические структуры различные по времени заложения и формирования, приурочены к древней и молодой платформам, а также к Предкавказскому предгорному прогибу. Эти районы являются классическим

примером разнообразного проявления АВПД. Высоконапорные нефтяные и газовые залежи, а также газо-водяные скопления могут проявляться во всех стратиграфических горизонтах, вплоть до фундамента. В результате выявленной закономерности распространения залежей углеводородов с АВПД, учитывая индивидуальные особенности, литолого-тектоническое строение и развитие, была выделена пластово-барическая зональность по площади и разрезу осадочного чехла от поверхности до фундамента.

В каждом из рассматриваемых регионов выделяется пластово-барическая зональность как по площади, так и по разрезу осадочного чехла, различающаяся между собой по степени интенсивности проявлений АВПД. В каждом регионе можно выделить четыре пластово-барические зоны:

I – зона экстремальных проявлений АВПД, где $K_{ан}^9$ до 2,1–2,3 в покрывке и 1,8–1,5 – в залежи.

II – зона повышенных давлений, где $K_{ан}$ 1,5–1,7 в покрывке и 1,5–1,3 – в залежи.

III – зона проявления резко контрастных давлений от $K_{ан}$ 1,8–2,0 до гидростатических.

IV – зона гидростатических давлений.

По разрезу осадочного чехла от поверхности до фундамента выделено три пластово-барических этажа: верхний, средний и нижний, разделенные между собой региональными мощными флюидоупорами и различающиеся энергетическими уровнями. Пластовая энергия в этих этажах контролируется как интенсивностью вертикальной миграции, так и степенью изолированности недр.

Верхний пластово-барический этаж соответствует верхней части осадочного чехла от поверхности до кровли первого мощного регионального флюидоупора. Эта часть разреза характеризуется слабой изолированностью недр. Проявления АВПД отмечаются только в I пластово-барической зоне: в единичных случаях в платформенных областях и значительно более часто в предгорных прогибах.

Мощность верхнего этажа колеблется в широких пределах: в платформенных районах от 500 м и до 4000 м; в прогибах от 100 м до 3000 м.

Средний пластово-барический этаж соответствует разрезу осадочного чехла, расположенного между кровлями верхнего и нижнего региональных мощных флюидоупоров. Они представлены глинистыми или хемогенными толщами, мощностью до 1000–3000 м и более. Для верхнего флюидоупора характерны глинистые отложения для молодых платформ и прогибов и хемогенные – для древних.

Самые интенсивные проявления АВПД ($K_{ан}$ до 2,2) отмечаются в I пластово-барической зоне и приурочены к проницаемым терригенно-карбонатным пропласткам в галогенных флюидоупорах во всех районах их развития, а в глинистых – только в неотектонически активизированных зонах молодых платформ и прогибах.

Под мощными экранирующими толщами выявлены самые крупные по площади распространения, этажу продуктивности и запасам высоконапорные нефтегазоносные горизонты, независимо от глубины их залегания. Для этих продуктивных горизонтов отмечается развитие массивных и массивно-пластовых зале-

⁹ $K_{ан}$ – коэффициент аномальности – отношение пластового давления к условному гидростатическому, определенное для данной глубины замера. АВПД отвечает условиям: $R_{пл/у} \geq 1,30$, а повышенные пластовые давления (ППД) отвечают условиям: $1,30 \geq R_{пл/у}$. гидр. $\geq 1,10$

жей. В сводных частях этих залежей отмечаются избыточные пластовые давления ($K_{ан}$ 1,3–1,8), зависящие не столько от высоты залежи, сколько от интенсивности вертикальной миграции.

Глубже по разрезу, в терригенно-карбонатном комплексе (мощностью до 1000–2000 м), представленного переслаиванием резервуаров с зональными и локальными покрывками, распределение пластовых давлений зависит от степени уплотнения пород, которая контролируется не столько глубиной погружения, сколько проявлением неотектонической активности. При этом проявления АВПД как в карбонатных, так и в терригенных отложениях отмечаются локализованными участками. Однако, в карбонатных отложениях отмечаются более обширные участки с АВПД, но с меньшим $K_{ан}$ до 1,3–1,6, по сравнению с меньшими объемами резервуаров в терригенных породах, но с более высоким $K_{ан}$ до 1,3–1,8 в платформенных районах и до 2,1 в прогибах. Как правило, объемы высоконапорных резервуаров, в сильно уплотненных отложениях, контролируются участками повышенной трещиноватости и вторичной пористости, соответствующих зонам дробления фундамента и их контрастным движениям.

Тип коллектора в этом этаже разнообразный: пористый, пористо-трещинный и трещинно-пористо-кавернозный.

Мощность этого этажа колеблется от 2000–4000 м и более.

Нижний пластово-барический этаж соответствует разрезу осадочного чехла, расположенного между кровлями нижнего, в основном, хемогенного флюидоупора и фундамента, а в зонах его отсутствия по литолого-стратиграфической аналогии.

Проанализированные данные по этому этажу позволили выявить характер проявления АВПД в изолирующем и продуктивном комплексах, в общих чертах имеющих схожую закономерность, соответствующую отложениям среднего этажа.

Характерной особенностью нижнего этажа является повышенная загазованность недр, высокая газонасыщенность пластовых вод, обилие гидрохимических аномалий, неоднородное распределение коллекторских свойств, контрастное распределение пластовых давлений. Отмечается широкое распространение высоконапорных, зачастую опресненных, вод с $K_{ан}$ 1,2–1,7 в платформенных областях и с $K_{ан}$ до 2,1 в прогибах. Кроме широкого распространения резервуаров различного объема могут быть выявлены массивные залежи углеводородов с АВПД, особенно в карбонатных породах. Для формирования массивных залежей наиболее благоприятные условия отмечаются как непосредственно под мощным флюидоупором, так и на значительном удалении от него в структурах облекания, приуроченных к выступам фундамента.

Терригенно-карбонатные отложения характеризуются сложным типом коллектора, в основном трещинным и трещинно-порово-кавернозным. Мощность этого этажа от 3000 до 6000 м и более в глубоких впадинах.

Таким образом, проявления АВПД в регионах активизированных платформ и альпийских предгорных прогибов выявлены по всем этажам; причем в нижнем повсеместно, а в среднем – только при наличии регионального флюидоупора.

Выявленные основные закономерности проявлений АВПД в анализируемых регионах, могут быть использованы для прогнозирования зон АВПД на большие глубины, а также при разведке новых площадей и других регионов со схожими условиями осадконакопления.

ГЕОДИНАМИЧЕСКИЙ ПРОГНОЗ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ СЕВЕРА ПЕРМСКОГО КРАЯ

Л.А. Вилесова

ОАО КамНИИКИГС, г. Пермь, e-mail lyuba-vilesova@yandex.ru

The geodynamic processes considered in article, occurred during history of geological development in a zone of a regional joint Russian, Timano-Pechorski and Zapadno-Siberian plates and have rendered solving influence on processes of generation and accumulation of hydrocarbons in proterozoic-phanerozoic a sedimentary cover.

Проблема прогнозирования и оценки перспектив нефтегазоносности северных регионов Восточно-Европейской платформы требует освоения новых возможностей решения этой проблемы. В этом отношении наиболее перспективным является привлечение новых методов, позволяющих реконструировать геодинамические обстановки, которые определяют поведение флюидных систем в осадочных бассейнах и позволяют установить их взаимосвязь со структурами земной коры.

Формирование исследуемой территории (рис. 1) происходило в результате смены целого ряда геодинамических обстановок рифей-раннекаменноугольной зоны пассивной континентальной палеоокраины Восточно-Европейского палеоконтинента (Волго-Уральского и Тимано-Печорского микроконтинетов) слабо деформированной столкновением Русской, Тимано-Печорской и Западно-Сибирской плит. По геодинамическим критериям большая часть площади относится к внутренней зоне пассивной палеоокраины и крайне северо-восточная – к внешней, деформированной столкновением плит. Протерозой-фанерозойская эволюция региона как нефтегазоносного бассейна проходила в несколько этапов: 1) дивергентный (рифей-кембрийский); 2) конвергентный (ордовик-раннетриасовый); 3) изостазии (позднетриас-кайнозойский). В **ранний** период цикла (период расхождения Зауральского палеоконтинента и ВЕК), при равном сочетании горизонтальных и вертикальных движений, в *рифейское* время во внутренней зоне пассивной окраины формируются внутриконтинентальные рифты – Казанско-Кажимский, Калтасинский, Тиманский авлакогены и недооформившийся авлакоген Гайнско-Кудымкарской зоны карелид, отмечается начало раскрытия Доуральского океана. В *венд-раннекембрийский* этап идет развитие надрифтовых впадин. **Среднему** периоду цикла соответствуют процессы схождения и столкновения микроконтинетов, что привело к трансформации выше упомянутых структур с преобладанием горизонтальных перемещений или сгущения литосферы и с «подчиненным» влиянием вертикальных движений. В это время образуются массовые очаги генерации в ослабленных горизонтальными движениями зонах (Камско-Кинельская и Камско-Вятская системы впадин) и места аккумуляции во внутренних частях бассейна (ловушки тектонического, тектоно-седиментационного, седиментационного генезиса и зоны выклинивания), зоны надвигов (на востоке рассматриваемого бассейна – краевая часть), структур второго порядка – валов. Все это вызывает изменение динамики и направления движения флюидов (преимущественно латеральную миграцию), перераспределение

залежей

УВ.

В среднекаменноугольно-раннетриасовое время происходит столкновение пассивной окраины с микроконтинентами, формировался Уральский ороген столкновения,

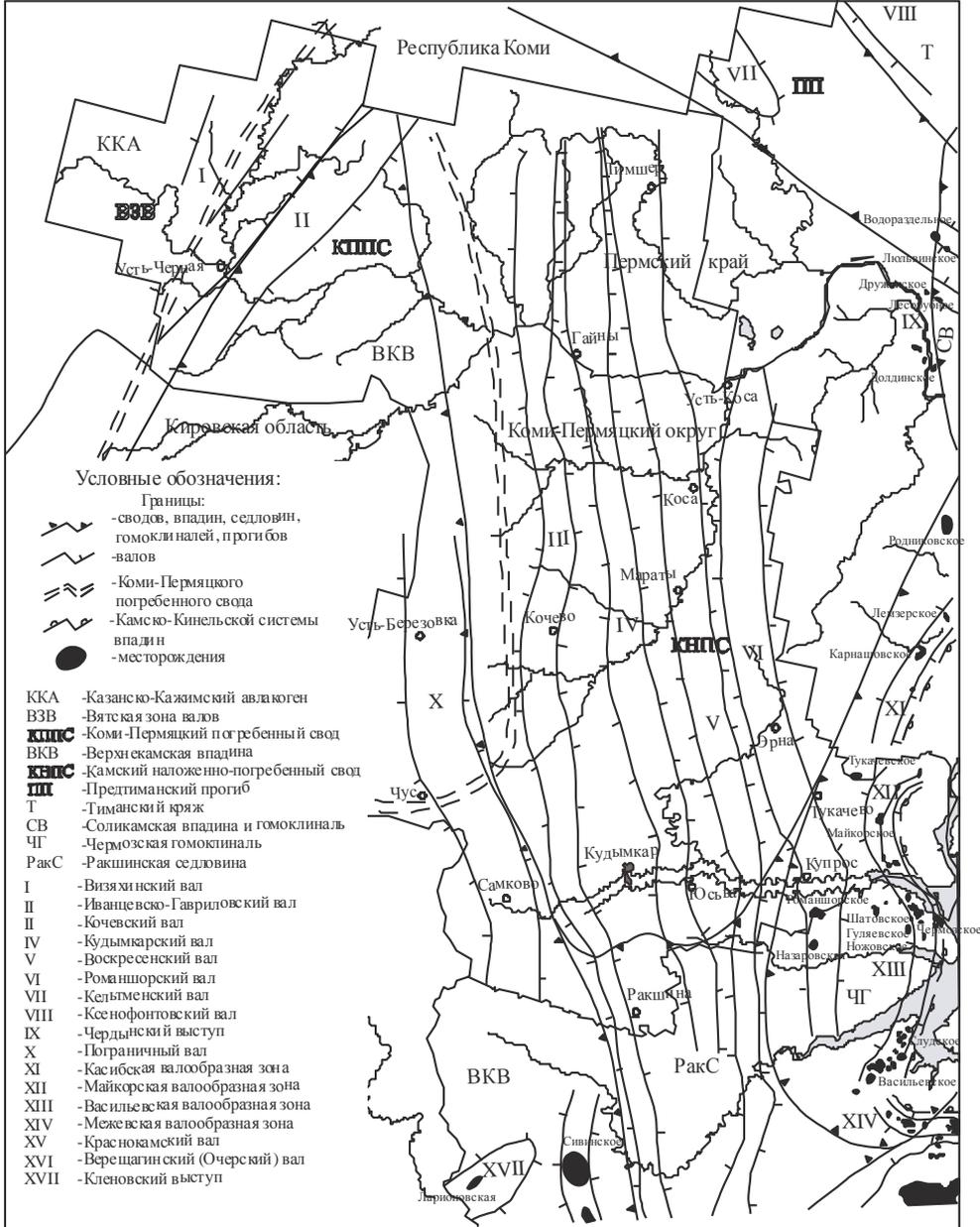


Рис.1 Тектоническая схема осадочного чехла

предороженный прогиб, зоны надвигов. В **заключительный** период цикла на **позднетриас-кайнозойском** этапе осуществлялось изостатическое выравнивание, преобладают вертикальные тектонические движения за счет изостазии сгруженной литосферы, приведшие к оформлению современного структурного плана.

Анализ пространственного соотношения размещения залежей нефти и газа в регионально нефтегазоносных комплексах на площади обобщения и таких геодинамических показателей как величины скоростей седиментации и амплитуды последующего прогибания отложений свидетельствует о том, что во всех комплексах нефтепроявления контролируются участками, которые характеризуются их определенными значениями. Максимальные скорости достигают 50,6–59,5 м/млн лет в девонских отложениях и минимальные – 1,4 м/млн лет в рифейских отложениях. По мере снижения темпа прогибания (ниже 20 м/млн лет) сокращаются и зоны распространения нефтепроявлений. Мощность регионально нефтегазоносных комплексов изменяется в широких пределах от 9 м (эмско-нижнефранский) до 9000 м (рифейский). Современные глубины их залегания колеблются от -4000 м (рифейский) до +50 м (нижнепермский комплекс). Методика выделения предварительных объектов для постановки работ, вытекающая из установленных закономерностей, сводится к ограничению зон нефтеносности каждого комплекса по изолиниям конседиментационных скоростей в 20 м/млн лет и изопакитам для этапов постседиментационного погружения: 1300 м для палеозойский толщ и более 2000 м для верхнепротерозойских отложений.

Север Пермского края и прилегающие к нему территории Республики Коми и Кировской области находятся в зоне столкновения континентальных литосферных плит, где происходит затягивание на глубину значительного количества осадков, возникающее на пассивных окраинах. Этот осадочный слой, зажатый между двумя плитами, содержит значительные количества УВ и находится в условиях сильных сдвиговых деформаций и термодинамических условий. Масса осадков, проходящих через эту зону огромна, поэтому существуют благоприятные условия для возникновения большого количества месторождений. Процесс образования углеводородов в зонах коллизии континентальных плит описан в работах И.Е. Баланюк и О.Т. Сорохтина (1982; 1995).

Для определения гипсометрического диапазона нефтегазообразования и положения затухания этого процесса на исследуемой территории необходимо математическое моделирование геодинамических и флюидодинамических процессов, которое даст возможность понять влияние термобарических условий на механизм образования УВ и проследить их миграцию по площади вплоть до образования месторождений.

О РОЛИ ГЛУБИННОЙ ДЕГАЗАЦИИ В ОБРАЗОВАНИИ УГЛЕВОДОРОДОВ В НИЖНЕЙ ЧАСТИ ОСАДОЧНОГО ЧЕХЛА

Б.Г. Вобликов, З.В. Стерленко, Е.Ю. Туманова

Северо-Кавказский государственный технический университет

On Kavminvod's alongside with extraction of mineral water carrying out of a plenty of gases comes. Together with carbonic gas on a surface a lot of hydrogen acts. It is a parameter of presence of deposits of gas in the bottom part of a sedimentary cover in on kainazoy deposits.

Огромные массы газов различного химического состава, которые поднимаются из глубоких горизонтов Земли к ее поверхности либо в виде газовых струй,

либо в водорастворенном состоянии издавна привлекали к себе внимание геологов. Такие газы неоднократно исследовались и в них были обнаружены углеводородные компоненты [1, 2].

В результате миграции таких газов происходит гидрирование углеводосодержащих соединений, сингенетичных осадочным горным породам: керогена, битумоидов, гомологов метана, различных углеводородных композиций. Введение водорода в систему порода-вода-органическое вещество позволяет образовывать спектр нефтегазовых углеводородов. Газообразные углеводороды образуются в довольно широком диапазоне P-T-V условий, жидкие углеводороды – образуются в более узком диапазоне давлений и ограничении системы по объему. Таким образом, чем меньше объем системы, тем больше образуется жидких углеводородов (Карпов П.И.).

Наблюдаемое в нефтегазоносных областях противоречие метана и водорода связано с тем, что при увеличении объема газовых систем водород идет на образование углеводородов, т.е. в итоге – метана.

В результате процесса гидрирования главным продуктом является метан, а водород в залежах практически отсутствует. Фактом поступления водорода глубинного генезиса в осадочную оболочку становится увеличение его концентрации в рассеянных газах горных пород вниз по разрезу. В базальных слоях разреза содержание водорода доходит до 90 %.

Из всех глубинных газов, поступающих из мантии в литосферу, наибольшее значение в дальнейшем процессе нефтегазообразования представляет именно водород.

Большие концентрации водорода возможны в ослабленных зонах литосферы и в базальных слоях стратисферы.

Поэтому в мире большое количество нефтяных и газовых залежей приурочено к разломам и к коре выветривания фундамента, а также к подошве осадочного чехла.

В связи с этим в нижней части осадочного чехла (палеозойском), коре выветривания на палеозойских и протерозойских отложениях прогнозируются залежи углеводородного газа.

Литература

1. *Погорельский Н.С.* Углекислые воды Большого Кавказа района Кавказских минеральных вод. Ставрополь: Ставропольское кн. изд-во, 1973. 390 с.
2. К проблеме прогнозной оценки углеводородов в палеозойских отложениях Передового хребта Северного Кавказа и Предкавказья / А.И. Летавин, П.А. Петренко, Ю.А. Стерленко, С.А. Варягов, Б.Г. Вобликов // Геология нефти и газа. 1994. № 12. С. 10-14.
3. *Чекалюк Э.Б.* Нефть верхней мантии Земли. Киев: Наукова думка, 1967. 256 с.

ГИДРОГЕОДИНАМИКА ПРОЦЕССОВ НЕФТЕГАЗООБРАЗОВАНИЯ

В.А. Всеволожский, Т.А Киреева

МГУ им. М.В. Ломоносова, геологический факультет; Москва, ГСП-1, Ленинские горы

Distribution of reservoir pressures and nonuniformity of different porous media prove the impossibility of significant lateral groundwater flows formation. According to that, main type of groundwater filtration and hydrocarbons migration is near-vertical cross-flow. Formation of that cross-flow in sediment layers is mainly controlled by upward emerged deep steam-gaseous (thermal) fluids come from crystalline fundament. We presenting hydrogeochemical data, that confirm facts of inflow of deep steam-gaseous fluids on some oil-and-gas bearing fields and accumulations.

В соответствии с современными (общепринятыми) представлениями, генерация углеводородов, процессы их миграции и формирование залежей во всех случаях происходят при активном участии подземных вод различных генетических типов.

В большинстве случаев в качестве основной «водной составляющей» процессов нефтегазообразования (наиболее распространенная точка зрения) рассматриваются так называемые элизионные (седиментогенные) и дегидротационные подземные воды, формирующиеся при процессах уплотнения (отжатие) и катагенезе морских преимущественно глинистых «нефтематеринских» осадочных толщ. В соответствии с положениями осадочно-миграционной гипотезы, именно эти воды и их внутрибассейновые (пластовые) потоки определяют первичную миграцию УВ из уплотняющихся «нефтематеринских» пород, их перенос в системе межпластовых потоков и формирование залежей. (Вассоевич Н.Б., Мухин Ю.В., Карцев А.А., Соколов Б.А и др.) При рассмотрении этой схемы возникают вопросы о самой возможности формирования внутрибассейновых (латеральных) потоков подземных вод, формах миграции УВ, условиях формирования залежей нефти и газа и др.

В соответствии с другой схемой поступление углеводородов в осадочные толщи нефтегазоносных бассейнов связано с восходящей миграцией глубинных (мантийных?) флюидов с последующим формированием пластовых, т. н. «флюидных интрузий» (Дюнин В.И.), или с наличием т. н. «труб дегазации» глубинных недр (Кропоткин П.Н.).

Анализ распределения пластовых давлений в нефтегазоносных интервалах разреза осадочных бассейнов свидетельствует о том, что в них отсутствуют гидродинамические условия, для формирования латеральных (пластовых) потоков подземных вод на сколько-нибудь значительные расстояния. Величины пластовых давлений, градиенты давлений по величинам и направлениям резко меняются на коротких расстояниях, формируя сложные замкнутые контуры. В связи с этим для значительных участков пластовых систем нефтегазоносных интервалов разреза в последнее время все чаще используется понятие «области с неупорядоченным распределением пластовых давлений» (Матусевич В.М. и др.). Учитывая это, нами еще в 1996 г. (Всеволожский В.А., Дюнин В.И) было предложено понятие «пластово-блоковая система», характеризующее наличие «разобщенных» участков пластовой системы в связи с проявлением гидродинамических границ разного типа (Дюнин В.И. и др., 2000). Выявление гидродинамических границ в

глубоких нефтегазоносных интервалах разреза и определение их типа, естественно, представляет значительные трудности.

Однако очевидно, что помимо «понятных» границ, связанных с зонами тектонических нарушений, которые в зависимости от типа, возраста и ряда процессов (уплотнение, кольматация, новоминералообразование и др.) могут быть границами с разными условиями, гидродинамические границы системы могут быть связаны также с наличием слабопроницаемых блоков, имеющих различные размеры. Формирование пластово-блоковой «неоднородности» в песчано-глинистых отложениях связано главным образом с изменением лито-фациальных условий осадконакопления, неравномерным уплотнением и цементацией. В породах другого типа – с формированием литогенетической и соскладчатой трещиноватости, разуплотнением, регрессивным эпигинезом и др. процессами, которые наиболее заметно проявляются на сводах и крутых участках склонов антиклинальных структур разного порядка. (Конюхов И.А., Смахов И.М и др.)

«Неупорядоченное» распределение пластовых давлений и «разнонаправленные» градиенты давлений однозначно свидетельствуют о том, что в нефтегазоносных интервалах разреза осадочных бассейнов в принципе отсутствуют условия для формирования латеральных (пластовых) потоков подземных вод. Основным видом движения флюидов является субвертикальная (восходящая) фильтрация, определяемая формированием повышенных, в том числе аномально высоких давлений в породах фундамента и в нижней части осадочного разреза.

Формирование АВПД в относительно изолированных блоках пластовых систем нижней части разреза осадочных бассейнов связывают с рядом причин: проявлением тектонических движений, «неравномерным» отжатием элизионных вод, изменениями емкости блоков в связи с процессами новоминералообразования, переходом газа в свободное состояние при изменении температуры подземных вод и др. Однако, наиболее вероятно, что в этом случае формирование «избыточных» давлений связано главным образом с притоком глубоких флюидов из пород фундамента, с чем могут быть связаны и резкие изменения температур.

Блоковое строение пород фундамента бассейна, с наличием глубинных тектонических нарушений, объективно определяет возможность образования субвертикальных зон повышенной проницаемости. Установленным фактом (Запывалов Н.П. и др.) является то, что такие зоны в определенных случаях «продолжаются» в породах нижней «нефтегазоносной» части осадочного разреза на расстояния в сотни метров. Гидродинамические оценки субвертикального притока глубоких флюидов из фундамента осадочного бассейна объективно являются невозможными в связи с практическим отсутствием данных о гидростатических давлениях в породах фундамента. Однако определенный ответ на этот вопрос может быть получен исходя из закономерностей формирования химического состава подземных вод нефтегазоносных отложений.

В частности, для многих осадочных бассейнов в нижних нефтегазоносных интервалах разреза установлено широкое распространение относительно менее минерализованных «инверсионных» вод гидрокарбонатно-натриевого типа. Такие воды установлены в бассейнах Кавказа и Предкавказья, Степного Крыма, Предкарпатья и Закарпатья, Западной Сибири и др. Наличие инверсионных вод в нефтегазоносных интервалах разреза осадочных бассейнов наиболее часто (Карцев А.А., Матусевич В.М., Коллодий В.В.) связывают с отжатием маломинерализованных элизионных вод и с конденсационными водами залежей углеводородов. Однако

для центральных районов Западно-Сибирского бассейна это утверждение противоречит имеющимся фактическим данным. Так, в центральной части Западно-Сибирского бассейна (Сургутский свод) от средней части разреза (апт-сеноман) к нижней (юра-неоком) величина минерализации подземных вод уменьшается от 16–22 г/л до минимальных в отдельных случаях значений 5–8 г/л. При этом соотношение rNa/rCl увеличивается от 0,85–0,95 до 1,0–1,16, тип вод меняется с хлоридно-натриевого на гидрокарбонатно-натриевый (по В.А. Сулину). Наиболее интересным является увеличение вниз по разрезу содержания бора от 7–70 до 25–100 мг/л и Cl/Br отношения от 0,04–0,90 до 1,92 (в отдельных случаях). Поскольку увеличение значения Cl/Br коэффициента более 1 свидетельствует о переносе соединений бора (борных кислот) в паровой фазе (Киреева Т.А. 2008; Всеволожский В.А., Киреева Т.А., 2009), можно предполагать, что формирование гидрогеохимической инверсии в юрско-неокомском комплексе Сургутского свода (также как и многих других нефтегазоносных районов) связано с субвертикальной миграцией из пород фундамента глубоких газо-паровых флюидов, обогащенных CO_2 и H_3BO_3 .

Кроме того, в соседнем с Сургутским сводом Васюгано-Колпашевском районе, в тех же отложениях (юра-неоком) и на тех же глубинах, воды нефтяных месторождений представлены $Cl-Na-Ca$ рассолами с минерализацией до 50–60 г/л и более. Воды с еще большей минерализацией вскрыты в этом районе и в образованиях складчатого фундамента. Исходя из компонентного состава и величины минерализации, эти рассолы принято считать захороненными седиментогенными водами (Матусевич В.М., Карцев А.А.). Однако некоторые из них по своим гидрохимическим показателям не могут быть отнесены к метаморфогенным (седиментогенным) рассолам. Изменения, происходящие при метаморфизме захороненных седиментогенных растворов, сводятся прежде всего к уменьшению доли магния и увеличению относительного содержания кальция и брома, одновременно с ростом минерализации. Однако в некоторых рассолах кристаллических пород (Балтийский щит, Татарский свод, гранитодный фундамент шельфа Южного Вьетнама) при различных значениях $M_{общ.}$ (от 35 до 333 г/л), отмечаются очень низкие значения rNa/rCl (до 0,22 в породах архейского фундамента Ромашкинского месторождения) и одновременно значения Cl/Br отношения, превышающие «морское» (до 1911 в кристаллических породах Балтийского щита).

Так, на Арчинской площади Западной Сибири, в палеозойском фундаменте вскрыты воды с $M_{общ.}$ равной 33,1 г/л при значениях Cl/Br и rNa/rCl отношений 927 и 0,64 соответственно. Последнее соответствует содержанию Ca в количестве 35 %-экв. Известно [Крайнов и др., 2004], что при метаморфизме подземных вод увеличению доли Ca до 30–40 %-экв. соответствует увеличение их минерализации до более 250–300 г/л, при одновременном снижении Cl/Br отношения до 80–100. Поэтому увеличение относительной доли Ca^{+2} и одновременное увеличение Cl/Br отношения не может объясняться процессами катагенного концентрирования растворов.

Вместе с тем эти «аномальные» рассолы обнаруживают определенное сходство с техногенными рассолами выщелачивания, которые образуются на нефтяных месторождениях при закачке в пласты растворов HCl с целью интенсификации нефтедобычи. Отличительными признаками этих техногенных вод является присутствие Ca^{+2} в количестве более 50 %-экв., а также высокие значения Cl/Br (до 2000), при крайне низких значениях rNa/rCl (до 0,2 и ниже) (Муляк В.В. и др.,

2007). Эти рассолы образуются при растворении CaCO_3 соляной кислотой, поэтому результирующий раствор обогащен Ca и Cl, и обеднен Br, т.к. карбонатный материал практически не содержит бромидов. Таким образом, правомерно предположить, что наблюдаемые «аномальные» рассолы кристаллических пород, для которых отмечается понижение $r_{\text{Na}/r_{\text{Cl}}}$, при одновременном увеличении Cl/Br отношений образуются при растворении карбонатного материала пород глубинными флюидами, насыщенными HCl. В этом случае глубинные растворы, относятся к другому, более высокотемпературному типу, т.к. значительное количество HCl и H_2 отмечается в вулканогенных паро-газовых смесях, при $T > 600^\circ\text{C}$ (Набоко С.И.).

Вполне очевидно, что поступающие в бассейн термальные флюиды, насыщенные H_2 , CO_2 и, возможно, УВ в газовой фазе) должны принимать самое активное участие в процессах генерации углеводородов, их растворении, миграции и формировании залежей.

О СВЯЗИ ПРОЦЕССОВ ОБРАЗОВАНИЯ ТВЕРДЫХ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ И РУД В ИСТОРИИ ЗЕМЛИ

В.И. Вялов, А.И. Ларичев

199106, Санкт-Петербург, В.О., Средний пр. 74, ФГУП «ВСЕГЕИ»

На примере бурых углей Приморья и диктионемовых сланцев Ленинградской области России показана важнейшая рудолокализирующая роль органического вещества в концентрации ряда редких и ценных металлов до уровня промышленных рудных содержаний и рудных месторождений.

On an example of brown coals of Primorski region and slates of Leningrad region of Russia it is shown a significant role of organic substance in concentration of some rare and valuable metals to level of industrial ore maintenances and ore deposits.

Общность и связь процессов образования твердых горючих ископаемых, и руд иллюстрируется на примере буроугольных месторождений Приморья и Прибалтийского бассейна диктионемовых и горючих сланцев в пределах Ленинградской области.

В Приморском крае имеется ряд германий-угольных месторождений: на Павловском буроугольном месторождении – участок «Спецугли»; «Южный» – на Шкотовском; на Бикинском месторождении – «Черемшовый» и «Федосьевский». На них были оценены запасы и прогнозные ресурсы германия. Кроме Ge, в указанных буроугольных месторождениях установлены Ga, Be, W, TR (лантаноиды и Y), Sc, Cs, Re, Ag и др. в рудно-промышленных концентрациях, или близких к ним содержаниях. На рис. 1 показаны эти элементы в местах отбора проб на уч. «Спецугли».

Механизм рудообразования обязан наличию органического вещества (ОВ), в углях преимущественно в виде витринита (гуминита). Именно в ОВ зафиксировались Ge и сопутствующие ему Be, Mo, W, Sb и иные металлы на торфяной стадии углеобразования, в соединениях с гуминовыми кислотами и фульвокислотами. Некоторые другие металлы локализовались в торфах (углях) и в примесной, минеральной части, также привнесенной извне. Источником самих элементов яв-

ляются граниты или другие магматические породы, при их выветривании. Это, как правило, гранитоиды. Кора выветривания – мощностью в несколько или первых десятков м. Граниты образуют в центре рудоносного угольного участка куполовидное поднятие (фундамента) или расположены в непосредственной близости с угольными пластами (бывшими торфяниками). При этом благоприятным фактором локализации металлов является малая мощность (обычно 0,5–0,6 м) угольных пластов (и, соответственно, невысокая – исходных торфяников). Металлогеническая специализация региона оказала значительно меньшее влияние. Таким образом, параллельно с формированием пластов древних торфяников шел процесс локализации в них руд редких и ценных металлов.

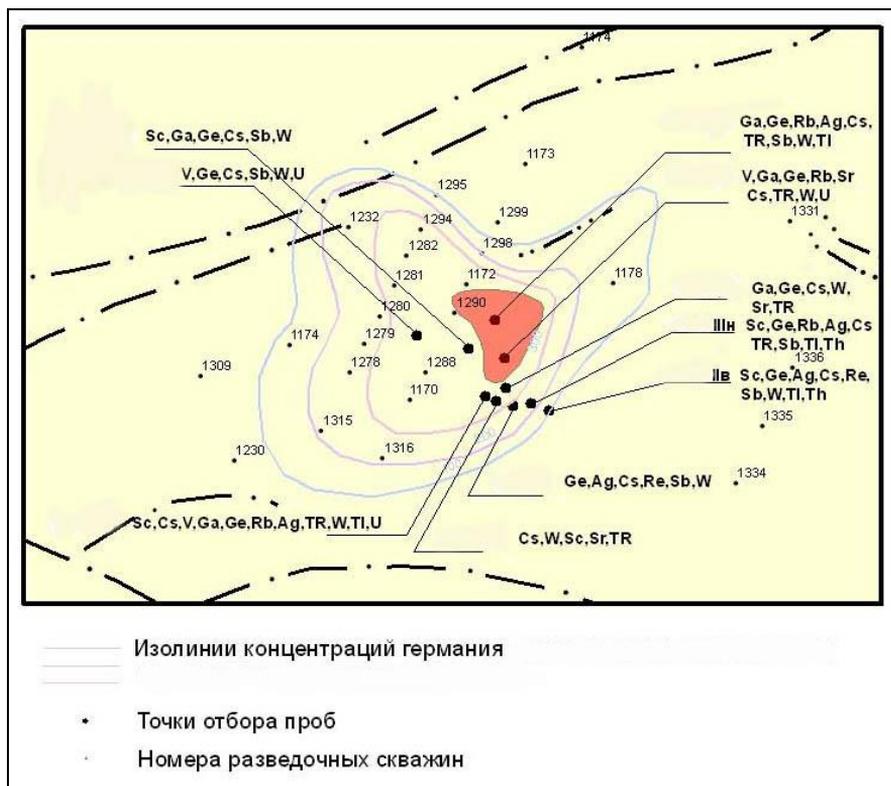


Рис. 1. Участок «Спецугли»

В центре – выход гранита; разрывные нарушения; места отбора проб из угольных пластов Пн, Пв, Шн; перечень элементов с повышенными содержаниями.

Прирост прогнозных ресурсов редких и ценных металлов за счет этих месторождений следующий (В.И. Вялов и др., 2008): Sc – 54,7, Ge – 2746,4, In – 6,0, Sb – 980,3, Cs – 45,53, TR+Y – 868, W – 1823,7, Re – 0,01, Be – 161,1, Ga – 84,9, Rb – 132,5, Mo – 34,2, Ag – 5,06, Hf – 3,2, Th – 21,3, U – 6,37 – тонн. Этот объем ресурсов (всего по 3-м месторождениям) в целом невысок, но на фоне ежегодной добычи металлов заметен. Количество ресурсов ряда ценных металлов в углях – нетрадиционная МСБ редких и ценных металлов – может быть многократно (на порядки) увеличено: редкометалльно-угольные месторождения довольно широко распространены как на Дальнем Востоке, так и России и в мире в целом (хотя плохо изучены и не толком оценены)

Спектр и локализация руд в диктионемовых сланцах Прибалтийского бассейна несколько отличны от углей. В сланцах установлены промышленные концентрации V, Ti, Cu, Mo; реже – W. Высокие, на уровне забалансовых, или между забалансовыми и промышленными содержаниями – концентрации U. Во ВСЕГЕИ установлено устойчивое наличие промышленной благороднометалльной минерализации – преимущественно Pd, Pt, реже Ag и Au, промышленные концентрации ряда редких и рассеянных элементов: Re (до 3,6 г/т), Rb, Cs, Sc, иногда Te. Подсчитаны прогнозные ресурсы ценных металлов в диктионемовых сланцах (табл. 1).

По сути, диктионемовые сланцы заключают в себе еще целый ряд месторождений разных металлов (преимущественно, типа кор выветривания и россыпных): рения – по запасам крупное, руды нормальные; молибдена – по запасам среднее, руды бедные; МПГ – по запасам платины крупное, палладия – очень

Таблица 1

Прогнозные ресурсы благородных, редких, рассеянных, цветных металлов в диктионемовых сланцах Прибалтийского бассейна

Элемент	Средняя концентрация, г/т	Минимальные промышленные концентрации в рудах, г/т	Прогнозные ресурсы кат. P ₂ -P ₃ (тонн)
Re	0,21	0,008–0,045	134,7
Pt	0,08	0,03–0,08	51,76
Pd	1,8	0,03–0,08	1 163,95
Ag	1,4	5–10	901,08
Cs	3,9	0,9–2,5	2 538,2
Au	0,06	0,1	39,05
Rb	77,3	71,4	50 029,3
Sc	8,9	5–10	5 767,2
V	552,1	224	35 7234,6
Mo	82,8	100	53 552,2
Cu	189,2	100	122 440
Ti	2,38 кг/т	1944 (0,1944 кг/т)	1 537 110
U	100	от 40 (россыпи) до 700	647000

крупное, руды по платине бедные, по палладию – выше средних до богатых; серебра – по запасам среднее, руды бедные; золота – по запасам крупное, руды бедные; цезия – по запасам мелкое, до среднего, руды бедные; рубидия – по запасам среднее, руды на порядок хуже бедных; скандия – по запасам среднее, руды бедные; ванадия – по запасам крупное, руды для россыпи – нормальные; меди – по запасам очень мелкое, руды хуже бедных; титана – по запасам среднее, руды хуже бедных, никеля – по запасам мелкое, руды хуже бедных, урана – по запасам уникальное, руды убогие-бедные.

Формирование сланценосных отложений в мелководных прибрежных условиях также привело к параллельному образованию комплексных руд. Рудолокализирующим фактором выступает органическое вещество ископаемого дендроидного граптолита *Dictyonema flabelliformis Eichw.* – колониальных планктонных организмов, составлявших в раннем палеозое значительную часть планктона. Связывание металлов осуществлялось гуминовыми кислотами окисленного ОВ – их

выход из диктионемовых сланцев составляет 10–15 %. Источником урана и других металлов являлись магматические породы области сноса, преимущественно граниты Балтийского кристаллического щита.

Таким образом, ископаемое органическое вещество – остатки низших или высших растений широкого возрастного диапазона от ордовика до палеогена-неогена – послужило не только источником для образования твердых горючих ископаемых (сланцев и углей), но и сыграло важнейшую рудолокализирующую роль в образовании промышленных скоплений (комплексных месторождений) целого ряда редких и ценных металлов. Это является теоретическим обоснованием работ по оценке новой нетрадиционной МСБ редких и ценных металлов в бассейнах и месторождениях твердых горючих ископаемых Российской Федерации и мира.

СОДОМ И ГОМОРРА: ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЕ ВЗРЫВЫ И САМОВОЗГОРАНИЕ ГОРЮЧИХ ГАЗОВ, ВЫЗВАННЫЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕМ?

А. Гилат

Геологическая Служба Израиля (пенс.)

SODOM AND GOMORRA: A CASE OF EARTHQUAKE- EFFECTED HYDROTHERMAL EXPLOSION AND IGNITION OF COMBUSTIBLE GASES?

A.Gilat

Geological Survey of Israel (ret.)

P.O.B. 11201 Jerusalem 91111, Israel, e-mail: gagilat@hotmail.com

We attempt to show that a major earthquake in the southern Dead Sea area, where most researchers place the location of Sodom and Gomorrah, can also result in steam, natural fire, and the smell of sulfur, coming with evidence on earthquake-effected hydrothermal explosions, gas-burning, mud-volcanism near-by and flooding of the southern Dead Sea Basin.

*“И пролил Господь на Содом и на Гоморру дождем серу и огонь от Господа с неба.
И ниспроверг города сих и всю окрестность сию, и всех жителей городов сих,
и произрастания земли”.*
Бытие, 19:24-25.

Опираясь на результаты исследований, опубликованных в малодоступных российскому читателю изданиях, и недавнее открытие коллег, я постараюсь показать, что землетрясения в окрестностях горы Содом, в южной части Мертвого моря, производили взрывы, «серную вонь», газовые пожары и провалы большой территории. Мертвое море находится в центре Сирийско-Африканского трансформенного разлома и заполняет гигантский грабен (рифт). Землетрясения происходили там и в исторические времена, и в наши дни.

Тектонические подвижки к западу от Мёртвого моря, в Иудейской пустыне, сопровождались в Плио-Плейстоцене массивной метасоматической доломитизацией верхнемеловых и эоценовых пород, и последующими минерализациями барита, полиметаллов, урана-тория, золота-серебра и др. [1]. Исследования микроскопических двухфазных включений в кристаллах барита Позднеплейстоценового – Голоценового возраста, найденных в 6–7 км к СЗ от г. Содом, показали, что температура минерализующих растворов достигала 120–140 °С [1]. Кристаллы были отобраны в верхней, химически измененной части разломной зоны дробления, на глубине всего 20–30 см: следовательно, минерализация происходила при атмосферном давлении. Известно, что перегретые жидкости, вытолкнутые в зону атмосферного давления, мгновенно превращаются в пар, с соответствующим увеличением объема в 1700 раз. Для сравнения: при взрыве ТНТ происходит увеличение объёма в 1400 раз. О том, что такое быстрое выталкивание возможно, свидетельствуют и найденные неподалеку от баритов минерализации тория, растворимого только в очень кислых растворах, не успевших нейтрализоваться, проходя многокилометровую толщу карбонатных пород.

Прекрасная обнаженность и глубокое расчленение Иудейской пустыни каньонами позволили задокументировать брекчии с бесчисленными полостями и пустотами, очень сходные с брекчией спорного происхождения, характерной для гидротермальных месторождений и месторождений барита-цинка-свинца типа “Миссисиппи вали” [2, 3]. Фрагменты брекчии остроугольны, размером от миллиметров до десятков сантиметров, с пустотами и разделяющими породу полыми трещинами, – прямыми, зигзагообразными, искривленными, концентрическими и радиальными, частично заполненными кальцитом и окислами железа. Во многих точках наблюдались сферические или эллипсоидные компоновки по размеру фрагментов, напоминающие цветок с лепестками и похожие на отпечатки локальных взрывов: от пыли и песчинок в центре постепенно увеличивающиеся в размерах до десятка сантиметров в поперечнике у периферии.

Подобные брекчии хорошо видны по обочинам шоссе, спускающегося от города Арада к Мертвому морю, на уровне в примерно полкилометра выше уровня мирового океана. Там же, на крутых склонах долины р. Яэлим, хорошо видны многочисленные пещеры, образовавшиеся в доломитизированных породах Верхнего Сеномана – Турона в результате выноса эрозией раздробленного гидротермальными взрывами мелкого материала. Иногда такие пещерки окружены концентрическими трещинами, признаков карстовых процессов в них не обнаружено. Сравнение микрофотографий доломитизированных фрагментов брекчии, образовавшейся в результате гидротермальных взрывов и взрывов, произведенных человеком в тех же породах, показало наличие в них схожей очень интенсивной микро-трещиноватости, не наблюдаемой в тех же доломитах при нормальном спокойном их залегании [2].

В нескольких километрах восточнее и на пару сот метров ниже шоссе пересекает район Хатрурим, кое-где рассекая холмы, выполненные метаморфическими фациями формации Хатрурим. В некоторых рассечках хорошо видны многочисленные полые трещины, в большинстве своем субгоризонтальные, соединенные общими субвертикальными каналами. Перекрывающие их породы интенсивно брекчированы. Подобные трещины видны и в Плейстоценовых конгломератах у Мертвого моря в районе Мицпе Шалем, по-видимому, их образование связано с паровыми подушками. На темно-серой поверхностной пленке, покрывающей

трещиноватые и брекчированные доломиты и кремни из пяти районов близ Мертвого моря были обнаружены микронного размера частички сажи, а на кремнях в районе г. Арада – и микронные кристаллики золота (SEM и EDS). Описанные здесь брекчии вполне могут быть произведены гидротермальными взрывами [2, 3], когда перегретые до 120–150 °С воды выталкивались землетрясением с глубины в 5–7 км наверх, в зону атмосферного давления, и мгновенно превращались в пар. Взрывы вызывают мгновенные смены давлений – от очень высоких до вакуума; вакуум сильно понижает температуры самовозгорания углеводородов и сероводорода; достаточно искры, а ионизированный пар служит хорошим окислителем. Среди источников электричества можно назвать, например, трибоэлектричество, возникающее при взаимодействии вырывающегося с большой скоростью мокрого пара с твердой породой.

Провинция богата углеводородами: в районе Хатрурим уже много лет эксплуатируется месторождение горючего газа, ряд скважин открыли непромышленные запасы нефти; выбросы того же газа произошли при бурении мелкой скважины у самой горы Содом; в окружающих г. Содом долинах очень давно известны истечения асфальта, цементирующего даже современное русло потока. Проезжая по шоссе на дороге вдоль берега Мёртвого моря чувствуешь т.н. “запах серы”, характерный запах сероводородных источников (сера не пахнет, пахнет сероводород). По свидетельствам очевидцев, этот запах значительно усиливается во время землетрясений. Следов современного вулканизма в районе Мёртвого Моря нет, но в районе Хатрурим широко развит грязевой вулканизм, сопровождавшийся горением газов, обжигом и даже переплавкой местных пород [4]. Бассейн Мёртвого Моря с юго-запада окаймлен уступом Голоценового разлома длиной около 15 км и высотой до 40 м.

Что же могло случиться с городами Содом и Гоморра? Район сегодняшних испарительных бассейнов был цветущим оазисом. Катастрофическое землетрясение не только разрушило дома, стены, выбросило и подожгло горючие газы, – оно сбросило вниз, на пару десятков метров, весь южный бассейн Мёртвого моря, от полуострова Лисан и до вышеупомянутого разлома на его южной границе. В образовавшуюся впадину с севера хлынули воды Мёртвого моря, затопля всё, что осталось после сотрясения. Согласно Библии, Лот и его семейство искали спасения на горе Содом. Карабкаться наверх было наверняка труднее и медленнее, чем убежать по равнине на юг. Лезут, наверх, спасаясь от потопа... Когда это могло произойти? По мнению одного из старейших исследователей Мёртвого моря, Давида Нива, около 4350 лет тому назад.

Литература

1. Gilat A. Tectonics and associated mineralization activity, southern Judea, Israel: Isr. Geol. Surv. Rep. 1994. GSI/19/94, 349 p. 7 maps, 56 figs, App. (Ph.D. Thesis, Ben-Gurion Univ., 1992, in Hebrew, Engl. Abst. 23 p.).
2. Gilat A. and Dvorachek M. Hydrothermal-explosion produced breccias: an indicator for possible epithermal gold deposits in Israel // XIV Conf. of the Isr. Min. Sc. and Engin. Assoc. Proc. 1998. P. E27-E36.
3. Gilat A. Hydrothermal activity and hydro-explosions as a cause of natural combustion and pyrolysis of bituminous rocks: the case of Pliocene metamorphism in Israel (Hatrurim Formation) // Isr. Geol. Surv. Current Res. 1998. Vol. 11. P. 96-102.

4. Сокол Э.В., Новиков И.С., Вапник Е., Шарыгин В.В. Горение газов грязевых вулканов как причина возникновения высокотемпературных пирометаморфических пород формации Хатрурим (район Мертвого моря) // ДАН. 2007. Т. 413, № 6. С. 1-7.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ПОЛИТРОПНОЙ МОДЕЛИ МАНТИИ ЗЕМЛИ

Г.С. Голицын¹⁰, А.Н. Вульфсон¹¹

The equations of deep convection including a system of dimensionless parameters identical to those of the Boussinesq shallow convection and possessing the property of complete conservatism can be widely applied to modeling problems of convection, classification of geophysical flows, dynamics of lithospheric plates, estimation of the energy budget in the upper mantle, and so on.

В настоящем исследовании выделен широкий класс уравнений состояния жидкости в области высоких давлений и докритических температур, термические свойства которого позволяют построить термодинамическую модель политропной мантии. В рамках модели политропной мантии удастся обосновать консервативный вариант уравнений как мелкой, так и глубокой конвекции, а также исследовать эффективность преобразования энергии для стационарных геодинамических процессов в недрах Земли. Оценено, что для конвекции, охватывающей всю мантию, порядка половины тепловой мощности преобразуется в скорость генерации кинетической энергии конвективных движений.

В настоящем исследовании предложен новый вариант уравнений глубокой конвекции. Уравнения глубокой конвекции, включающие систему безразмерных параметров, идентичную системе параметров мелкой конвекции Буссинеска, а также обладающие свойством полной консервативности могут найти широкие приложения в задачах моделирования конвекции, а также классификации геофизических течений, динамики литосферных плит, энергетики верхней мантии и т.д.

Будем предполагать, что мантия Земли имеет форму прямоугольного параллелепипеда Ω . Введем декартову систему координат x, y, z ось z которой направлена от ядра к поверхности Земли. Тогда $\Omega = \{-l_x \leq x \leq l_x, -l_y \leq y \leq l_y, z_0 \leq z \leq z_d\}$, где $2l_x, 2l_y$ и $d = z_d - z_0$ – длины ребер Ω

Пусть $a = a(x, y, z, t)$ произвольная функция координат x, y, z и времени t . Введем операцию горизонтального усреднения, полагая, что

$$\langle a \rangle = \frac{1}{4l_x l_y} \int_{-l_x}^{l_x} \int_{-l_y}^{l_y} a(x, y, z, t) dx dy \quad (1)$$

¹⁰ Учреждение Российской академии наук Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова, г. Москва, Пыжевский пер., 3; golitsyn@ifaran.ru

¹¹ Учреждение Российской академии наук Институт проблем нефти и газа РАН, г. Москва, ул. Губкина, д. 3; vulfson@ipng.ru

Для столба сплошной среды единичной площади система уравнений глубокой конвекции позволяет ввести кинетическую энергию K , генерацию кинетической энергии G и вязкую диссипацию энергии D , так, что

$$K = \frac{1}{2} \int_{z_0}^{z_d} \langle \bar{\rho}_* (|\mathbf{u}|^2 + w^2) \rangle dz, \quad (2)$$

$$G = \beta g \int_{z_0}^{z_d} \langle \bar{\rho}_* w \Theta' \rangle dz \quad (3)$$

$$D = - \int_{z_0}^{z_d} \left\langle v \bar{\rho}_* \left[(\nabla \mathbf{u})^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial z} \right)^2 + (\nabla w)^2 + \left(\frac{\partial w}{\partial z} \right)^2 \right] \right\rangle dz \quad (4)$$

Здесь, \mathbf{u} – горизонтальная скорость вдоль плоской поверхности; w – вертикальная скорость вдоль оси z ; Θ' – пульсация потенциальной температуры; $\bar{\rho}_*$ – безразмерная плотность фоновой политропной мантии; $v = \text{const}$ – коэффициент кинематической вязкости; g – ускорение силы тяжести; $\beta = \text{const} \approx 2 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$; ∇ – оператор Гамильтона для горизонтальных координат.

Очевидно, что интегральное уравнение баланса кинетической энергии, связывающее параметры K , G и D имеет вид

$$\frac{d}{dt} K = G - D \quad (5)$$

В условиях статистически стационарной конвекции кинетическая энергия среды не изменяется, следовательно, согласно (5)

$$G = D \quad (6)$$

т.е. продукция кинетической энергии полностью уравновешивается ее диссипацией. При $\bar{\rho}_* = 1$ этот вывод совпадает с полученным ранее, см. [1].

Эффективность стационарной конвекции η можно характеризовать преобразованием вводимой в слой тепловой мощности в скорость генерации кинетической энергии, т.е.

$$\eta = \frac{G}{f(z_d)} \quad (7)$$

По сути дела величина η представляет собой КПД стационарной глубокой конвекции.

Можно показать [2], что для скорости генерации кинетической энергии G справедливо соотношение

$$G = \frac{\beta g}{c_p} f(z_d) \left(1 - \frac{\delta}{2} \right) (1 - \text{Nu}_m^{-1}) \quad (8)$$

где $f(z_d)$ – полный горизонтально усредненный поток тепла на поверхности Земли; c_p – удельная теплоемкость мантийного вещества; $\text{Nu}_m = \text{Nu}_d (1 - \delta/2)$ – модифицированное число Нуссельта; Nu_d – число Нуссельта; $0 \leq \delta \leq 1$ – постоянная, характеризующая объемный источник тепловыделения.

Подставляя (8) в (7), получим

$$\eta = \frac{G}{f(z_d)} = \frac{\beta g d}{c_p} \left(1 - \frac{\delta}{2}\right) (1 - \text{Nu}_m^{-1}) \quad (9)$$

При больших числах Нуссельта $\text{Nu}_m \gg 1$ эффективность конвекции η стремится к конечному пределу η_0 . Таким образом,

$$\eta_0 = \lim_{\text{Nu}_m \rightarrow \infty} \eta = \frac{\beta g d}{c_p} \left(1 - \frac{\delta}{2}\right) \quad (10)$$

Для турбулентной конвекции в мантии $\text{Nu}_m \geq 0.5 \text{Nu}_d \approx 15$, что и обеспечивает реализацию асимптотики (10). Предельное выражение для КПД – эффективности конвекции было впервые получено [3], см. также [4, 1, 5].

При $\beta = 2 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$, $c_p = 1.2 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг К)}$, $g = 10 \text{ м/с}^2$ найдем, что $H' = c_p / (\beta g) = 6000 \text{ км}$. Максимальное значение η_0 реализуется при $\delta = 0$, поэтому для верхней мантии $d = 570 \text{ км}$, и $\eta_0 < 0.095$, тогда как для всей мантии $d = 2800 \text{ км}$ и $\eta_0 < 0.47$.

Используя соотношение (10) найдем, что

$$D = G = \eta_0 f(z_d) \quad (11)$$

Учитывая, что максимальный геотермальный тепловой поток на поверхности Земли известен $\rho f(z_d) = 90 \text{ мВт/м}^2$, асимптотика (11) позволяет построить верхнюю оценку генерации и диссипации конвективной кинетической энергии, которые затрачиваются на сейсмичность, вулканическую деятельность, динамику литосферных плит, а также процессы эволюции крупномасштабных геологических структур. Последние процессы и оценки их мощности описаны в статье [6], где показано, что на все эти процессы в сумме тратится мене одного процента мощности геотермического потока.

Литература

1. Голицын Г.С. Исследование конвекции с геофизическими приложениями и аналогиями. Л.: Гидрометеоздат, 1980. 55 с.
2. Голицын Г.С., Вульфсон А.Н. О консервативной форме уравнений глубокой конвекции и эффективности преобразования энергии для политропной модели мантии Земли. //Физика Земли РАН. 2007. № 8. С. 112–131.
3. Lliboutry L. The driving mechanism, its source of energy, and its solution studied with a three-layer model // J. Geophys. Res. 1972. V. 77. N 20. P. 3759–3770.
4. Hewitt J.M., McKenzie D.P., Weiss N.O. Dissipative heating in convective flows // J. Fluid Mech. 1975. V. 68. Pt. 4. P. 721–738.
5. Голицын Г.С. К теории конвекции верхней мантии // ДАН СССР. 1977. Т. 274. № 3. С. 552–555.
6. Голицын Г.С. Энергетический цикл геодинамики и сейсмического процесса // Изв. РАН. Физика Земли. 2007. Т. 43. (Сдано в печать).

ПРОНИЦАЕМОСТЬ И СТРУКТУРА ГЛУБИННЫХ ПОРОД В РАЗРЕЗЕ КОЛЬСКОЙ СВЕРХГЛУБОКОЙ СКВАЖИНЫ

Ф.Ф. Горбачевич¹, С.В. Икорский¹, А.В. Жариков²

¹ Геологический институт Кольского научного центра РАН, г. Апатиты

² Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН,
г. Москва

The presence of the Luchlompolo fault in the drilled section of the Kola Superdeep Borehole (SG-3) and inclination of the rock structural elements (layering, schistosity and banding) are favourable for migration of deep fluids (³He) to the earth surface. The study of the rock structure, anisotropy and permeability under PT-conditions in the SG-3 section allowed one to reveal that zones of rock permeability are confined to two important structural elements of the section.

Сохраняющая рекорд по глубине проникновения в земную кору (12261 м) Кольская сверхглубокая скважина (СГ-3) является наиболее подходящим объектом для исследования проницаемости глубинных кристаллических пород [Кольская сверхглубокая, 1998]. Кольская СГ-3 пройдена в северо-западной части Кольского полуострова в пределах Печенгской грабен-синклинали. До глубины 6842 м ее разрез представлен вулканогенно-осадочными породами печенгского комплекса нижнего протерозоя, ниже - гнейсами и амфиболитами архейского фундамента. В разрезе сверху вниз выделяются 4 фации регионального метаморфизма - от пренит-пумпеллиитовой до амфиболитовой (ниже 6 км). По данным изотопного датирования возраст седиментации и вулканизма печенгского комплекса составляет 2.4-1.9 млрд лет, возраст метаморфизма 1.9-1.7 млрд лет. Возраст древнего метаморфизма пород архейского комплекса, установленный уран-свинцовым и свинец-свинцовым методами по циркону, составляет 2.8-2.9 млрд лет.

Самым значительным тектоническим нарушением в пределах вскрытого разреза является Лучломпольский разлом, расположенный на контакте Заполяринской и Лучломпольской свит (4673 м). Можно полагать, что Лучломпольский разлом служит проводящей зоной, по которой поступают глубинные, в том числе мантийные газы. В связи с этим были проведены измерения содержания изотопов гелия и их соотношения ³He/⁴He в образцах пород разреза СГ-3 [Кольская сверхглубокая, 1998]. Результаты измерений отношения ³He/⁴He по всему разрезу СГ-3 представлены на рисунке (а). Анализ данных показывает, что по скважине можно выделить две зоны, в которых величина отношения ³He/⁴He в несколько раз превышает радиогенные значения, характерные для остальной части разреза. Верхняя расположена в вулканогенно-осадочных породах протерозоя в интервале 3.2-5.7 км, нижняя на глубине 6.8-7.5 км и объединяет низы печенгского комплекса с верхней частью архейского разреза. Эти зоны повышенных значений ³He/⁴He-отношений приурочены к двум важным структурным элементам разреза: верхняя зона к Лучломпольскому разлому, нижняя - к контакту протерозойского и архейского комплексов.

Для выявления основы зон, проводящих гелий с мантийной составляющей, нами выполнены определения упругой анизотропии, полученные на большом числе образцов керна СГ-3, рис. б. Показатели анизотропии *B* изучались при помощи метода акустополарископии на образцах в лабораторных условиях (при

атмосферном давлении и температуре) [Горбацевич, 1995]. В соответствии с этим методом, вначале на всех трех парах граней глубинного образца определяли положение проекций элементов упругой симметрии. Затем также на всех парах граней образца измеряли величины скорости распространения продольных, а в соответствии с выявленными проекциями элементов симметрии, - величины скорости распространения сдвиговых колебаний. По результатам измерений величин скорости распространения поперечных колебаний рассчитывали показатель анизотропии B [Строение..., 2005].

Данные, представленные на рисунке показывают, что имеется определенная связь между ${}^3\text{He}/{}^4\text{He}$ -отношением и величиной B . В пределах части разреза между Лучломпольской свитой (разломом) и границей протерозой-архей значения ${}^3\text{He}/{}^4\text{He}$ -отношения и B принимают самые высокие значения. Вниз от контакта протерозой-архей зарегистрировано снижение отношения ${}^3\text{He}/{}^4\text{He}$. Такую же тенденцию испытывает и упругая анизотропия пород. В интервале 3.1-4.4 км при сравнительно высоких значениях ${}^3\text{He}/{}^4\text{He}$ -отношения, величины B свидетельствуют о слабой анизотропии пород. Это может означать, что в этом интервале имеется системная трещиноватость, способная к транспорту легко проникающих газов ${}^3\text{He}$ и ${}^4\text{He}$. В интервале 1.7-1.9 км залегают пачки сильноанизотропных пород. Однако ${}^3\text{He}/{}^4\text{He}$ -отношение в пробе, отобранной в этом интервале близко к радиогенному. Очевидно, данный интервал не имеет каналов подвода флюидов от Лучломпольского разлома.

Общий анализ данных показал, что наличие Лучломпольского разлома в вскрытом разрезе Кольской сверхглубокой скважины (СГ-3) и наклон элементов залегания (слоистости, сланцеватости, полосчатости) пород благоприятен для миграции глубинных флюидов к земной поверхности. По данным исследования именно Лучломпольский разлом служит проводящей зоной, по которой поступают флюиды с примесью мантийной компоненты (${}^3\text{He}$). При этом выделяются две зоны, в которых величина отношения ${}^3\text{He}/{}^4\text{He}$ в несколько раз превышает радиогенные значения, характерные для остальной части разреза. Верхняя расположена в вулканогенно-осадочных породах протерозоя в интервале 3.2–5.7 км, нижняя на глубине 6.8–7.5 км, объединяет низы печенгского комплекса и верхнюю часть архейского разреза. Эти зоны повышенных значений ${}^3\text{He}/{}^4\text{He}$ -отношений приурочены к двум важным структурным элементам разреза: верхняя зона к Лучломпольскому разлому, нижняя - к контакту протерозойского и архейского комплексов. Непосредственно из зоны разлома (~ 4.5 км) мантийный газ ${}^3\text{He}$ инфильтруется в вышерасположенные слои, вероятнее всего, через системную трещиноватость. Наличие высокого отношения изотопов ${}^3\text{He}/{}^4\text{He}$ в интервале глубин 4.4–4.8, 6.8–7.5 км может быть объяснено наличием анизотропии пород, как структурной, так и упругой. Вдоль структурных элементов (слоистости, сланцеватости, полосчатости), границ удлиненных зерен пород, обуславливающих анизотропию, имеются поверхности ослабления, которые обеспечивают транспорт флюидов на большое расстояние. Моделирование РТ-условий на образцах пород из скважины СГ-3 показало, что при увеличении температуры и давления до величин, соответствующих глубинам 6–8 км происходит смена упругих деформаций пластическими, сопровождающаяся резким уменьшением проницаемости пород.

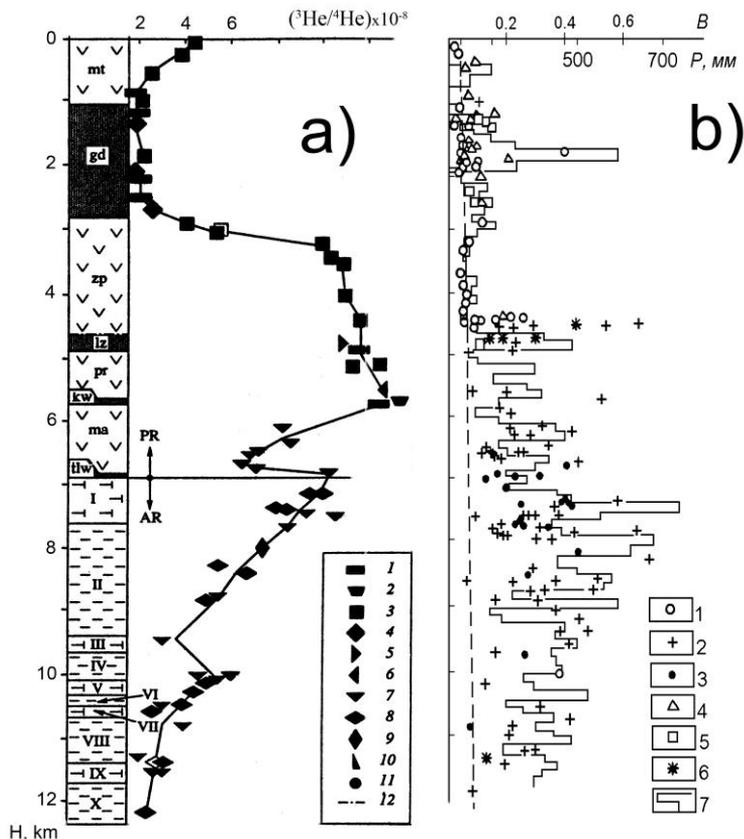


Рис. Распределение величины отношения изотопов $^3\text{He}/^4\text{He}$, единичных значений показателя упругой анизотропии B и кавернзности пород по разрезу Кольской сверхглубокой скважины.

a - распределение величины отношения изотопов $^3\text{He}/^4\text{He}$ по разрезу Кольской сверхглубокой скважины. Цифрами обозначены типы пород, из которых были отобраны образцы для определений содержания $^3\text{He}/^4\text{He}$. 1 - метафиллиты, метаалевролиты, метапесчаники; 2 - известняки; 3 - метадиабазы; 4 - габбро-диабазы; 5 - андезитовые метапорфириты; 6 - метаальбитофиры; 7 - амфиболовые сланцы и амфиболиты; 8 - гнейсы; 9 - аплиты; 10 - амфиболы из амфиболитов; 11 - кварц из синметаморфогенных жил и пегматитов; 12 - положение Лучломпольского разлома.

b - показатель анизотропии B . 1 - метадиабазы, перидотиты; 2 - амфиболиты, сланцы; 3 - гнейсы, граниты, мигматиты; 4 - метафиллиты, метатуфы; 5 - метапесчаники, метаалевролиты; 6 - метапорфириты; 7 - средний интервальный поперечный размер P скважины.

В целом, проведенные исследования не обнаружили существенного возрастания доли мантийного гелия с глубиной в разрезе Кольской сверхглубокой скважины. Установленное возрастание отношения изотопов $^3\text{He}/^4\text{He}$ в средней части разреза, объясняется влиянием тектонических факторов.

Работа выполнена при поддержке Российского Фонда фундаментальных исследований, гранты №№ 07-05-00100-а, 10-05-00082-а

Литература

Горбачевич Ф.Ф. Акустополярископия горных пород. Апатиты: изд-во КНЦ РАН, 1995. 204 с.

Кольская сверхглубокая. Научные результаты и опыт исследований / Ред. В.П. Орлов, Н.П. Лавров М.: МФ "Технонефтегаз", 1998. 260 с.

Строение литосферы российской части Баренц-региона / Под ред. Н.В. Шарова, Ф.П. Митрофанова, М.Л. Вербы, К. Гиллена. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2005. 318 с.

НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬ И НОВЕЙШАЯ ТЕКТНИКА ВОЛГО-УРАЛЬСКОГО РЕГИОНА

**Е.Ю. Горюнов¹, П.А. Игнатов², Л.А. Сим³, Е.И. Чесалова⁴,
Д.Н. Климентьева²**

1 – ООО «ГеоЭксперт», Москва; 2 – Российский Государственный Геолого-Разведочный Университет, Москва; 3 – Институт физики Земли РАН, Москва; 4 – Государственный геологический музей РАН, Москва

Oil and gas deposits within Volga-Urals region and fluid dynamics are considered in relation to new tectonic factors. Temperature, viscosity and density are analyzed in connection with tectonic structures that were defined based on the analysis of satellite images and digital elevation models. As a result, connection between new tectonic factors and researched parameters of oil deposits is established.

Волго-Уральский регион является старейшим нефтегазоносным районом России, где открыто более 1500 месторождений нефти и газа, в том числе такие гиганты как Ромашкинское и Оренбургское. В последнее время отмечаются факты возобновления ресурсов нефти в части месторождений, находящихся в длительной эксплуатации, где объемы добытых углеводородов значительно превышают их начальные запасы [Касьянова, Брюх, 2006 и др.]. Это явление связывают с современным поступлением новых порций углеводородов с нижних горизонтов [Баталин, Вафина, 2000]. Естественно предположить, что современные флюидодинамические процессы тесно связаны с неотектоникой. Для проверки этого положения информация по плотности, вязкости и пластовым температурам нефтяных залежей и неотектонике была проанализирована с применением ГИС-технологий.

Площадное распределение отмеченных параметров нефтегазоносности, позволяет выделить пять существенно различающихся зон (рис. 1). При естественном общем росте пластовых температур с глубиной для каждой зоны характерны свои средние значения и градиенты (рис. 2а). При этом прослеживается последовательное снижение средних температур с юго-запада на северо-восток (зоны I–V) и волнообразные изменения плотности и вязкости с глубиной (рис. 2б, в). Зона I отличается самыми высокими средними температурами и относительно большим температурным градиентом. Для нее характерны самые низкие значения плотности и вязкости нефтей во всем интервале разреза с минимумами на глубинах 1500 и 4000 м. Зона II резко отличается высокими значениями плотности и вязкости нефтей, причем плотность почти не изменяется с глубиной. Под-

черкнем, что эта зона расположена на восточном окончании площади развития битумных залежей Мелекесской впадины. Третья зона, включающая Ромашкинское и Новоелховское месторождения, отличается наиболее высоким градиентом роста температур с глубиной и наличием повышенных средних значений плотности и вязкости нефти на глубинах около 1000 м. Для зоны IV такие же повышения отмечаются на глубинах 500–1000 и возможно 2500 м. В зоне V подобные повышения плотности и вязкости нефтей имеют место на глубине около 1500 м. В пределах выделенных зон наблюдаются отдельные месторождения и их группы, характеристики нефтей которых отличаются от средних значений, но в целом, не искажают общей закономерности. Выделенные зоны в общих чертах соответствуют региональным структурам фундамента и чехла. I-ая охватывает северо-западную и северную бортовые зоны Прикаспийской впадины и южную часть Бузулукской впадины. Зона II расположена в восточной центриклинали Мелекесской впадины. Зона III охватывает Южно-Татарский, Башкирский и Пермский своды. IV зона и V зоны охватывают южную и центральную части Предуральского прогиба и восточные склоны Южно-Татарского, Башкирского и Пермского сводов. Данные структуры находят выражение в современном рельефе.

Отмеченные тенденции изменения параметров вероятно, связаны с различным соотношением «древних» – наиболее плотных, «зрелых» и «молодых» – легких нефтей. Говоря о древности, зрелости и молодости нефтей мы имеем в виду их относительный возраст, показателем которого является степень проявленности процессов дегградации. «Древние» нефти характеризуются высокими значениями плотности и вязкости, незначительно изменяющихся с глубиной, что связано с предельной степенью их дегградации; «зрелые» – средними значениями этих параметров и отчетливой тенденцией облегчения с глубиной залегания залежей и «молодые» – являются наиболее легкими и маловязкими, даже на небольших глубинах. Группирование нефтей с близкими характеристиками по отдельным зонам свидетельствует, по мнению авторов, об инъекционном механизме поступления УВ в осадочную толщу. Площади, занимаемые месторождениями с близкими характеристиками нефтей, вероятно, соответствуют ареалам внедрения потоков УВ. Очевидно, что выделенные обширные зоны не могут быть сформированы в результате одноразовой инъекции и, по-видимому являлись зонами разгрузки в течении достаточно длительного времени, соответствовавшего определенному периоду мезокайнозойской (альпийской) тектонической и флюидодинамической активизации.

Рост пластовых температур залежей на наш взгляд отражает не только фоновый геотермический градиент, но и теплоперенос, связанный с современным поступлением углеводородных флюидов. Исходя из этого, можно предположить самые значительные новейшие потоки углеводородов в зону I, в меньшей мере в зону III и минимальные в зону II, а также наличие как минимум двух глобальных источников углеводородов Волго-Уральской провинции – Прикаспийской впадины, где генерируются относительно высокотемпературные флюидные потоки и Предуральского прогиба с низкотемпературными флюидами.

Анализ космоснимков и цифровых моделей рельефа исследуемой территории позволил выделить прямолинейные и дугообразные линеаменты, которые в значительной мере контролируют пространственное положение нефтяных месторождений. Для выяснения их возможной разломной природы произведена рекон-

структура неотектонических напряжений структурно-геоморфологическим методом

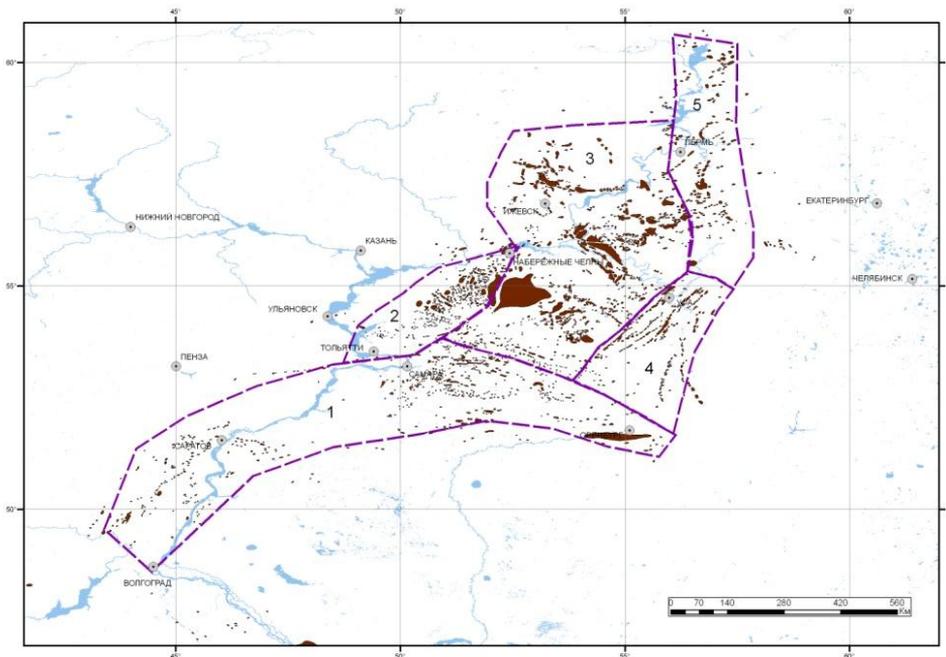
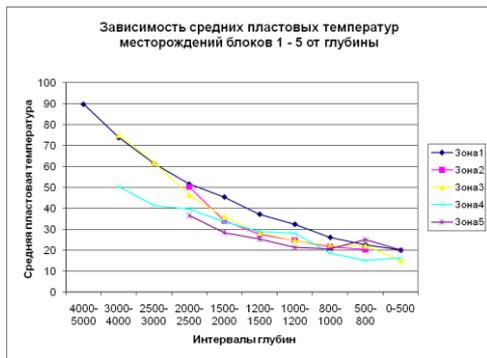
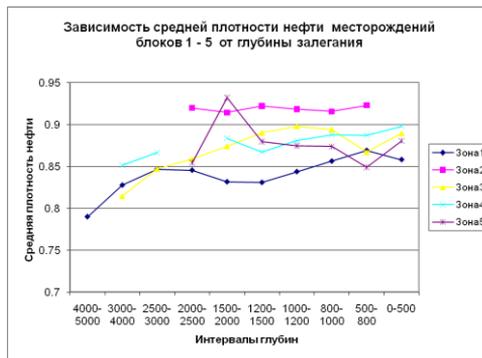


Рис. 1. Схема расположения выделенных нефтегазоносных зон



2а



2б

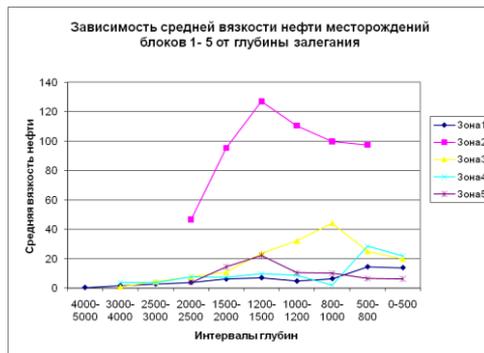


Рис. 2. Изменения параметров нефти с глубиной по выделенным зонам [Сим, 1991]. Он позволяет по закономерно ориентированным мелким прямолинейным элементам рельефа вблизи линеамента: показать, что линеамент и мегатрещины имеют тектоническое происхождение; установить ориентацию осей главных нормальных напряжений сдвигового поля и определить направление сдвигового перемещения; установить геодинамическую обстановку формирования мегатрещин вблизи разлома. Проведенный анализ показал, что во многих случаях границами выделенных зон могут служить молодые региональные разломы. Субширотный разлом, установленный на севере зоны I, имеет правосдвиговую составляющую и развивается в обстановке сжатия. Разлом СВ простирания, разделяющий III и IV зоны, является левым сдвигом. Разлом СЗ простирания, секущий Ромашкинское месторождение, – правый сдвиг, активизированный в обстановке растяжения. Полученные геодинамические показатели хорошо согласуются с представлениями о региональном тангенциальном сжатии со стороны Прикаспийской впадины [Копп и др., 2001].

Следовательно, тренд роста пластовых температур с северо-востока на юг может отражать наибольшую неотектоническую активность в Прикаспийской бортовой зоне, которая может обуславливать и предполагаемые нами максимальные современные потоки углеводородов в I и III зонах. Дальнейший анализ неотектонических проявлений может привести к выделению локальных зон сжатия и растяжения и соответствующих мест интенсивного подтока углеводородов. В частности, при пересечении разнонаправленных сдвигов образуются накрест лежащие локальные сектора сжатия и растяжения, в которых внутри блоков могут существенно меняться характеристики нефтей [Сим и др., 2002].

Литература

1. Сим Л.А. Изучение тектонических напряжений по геологическим индикаторам (методы, результаты, рекомендации) // Изв. ВУЗов. геол. и разв. 1991. № 10. С. 3-22.
2. Сим Л.А., Фурсов А.Я., Постников Е.А., Постников А.В. Влияние неотектонических напряжений на распределение нефтегазоносности платформенных областей. // Тектонофизика сегодня. М.: ОИФЗ РАН, 2002. С. 244-247.
3. Копп М.Л., Егоров Е.Ю., Борисов М.Е., Кудашев А.В. Саратовские внутриплитные дислокации: кинематика горизонтальных перемещений // Геотектоника. 2001. №5. С. 45-60.
4. Касьянова Н.А., Брюх О.В. 4D-анализ флюидных потоков: режим, динамика состава, глубинность, практические аспекты (на примере Нижнего Поволжья) // Дегазация Земли: геофлюиды, нефть и газ, парагенезисы в системе горючих ископаемых М.: ГЕОС, 2006. С. 123-125.
5. Баталин О.Ю., Вафина Н.Г. Теоретическая модель формирования залежей нефти и газа в результате вертикальной миграции углеводородов // Мат-лы шестой международной конференции «Новые идеи в геологии и геохимии нефти и газа. К созданию общей теории нефтегазоносности недр». М.: ГЕОС, 2000. Кн. 1. С. 71-79.

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ДЕГАЗАЦИИ ЗЕМЛИ И НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬ

Р.П. Готтих¹, Б.И. Писоцкий²

¹ ВНИИГеосистем, г. Москва, Варшавское шоссе 8; ² ИПНГ РАН, г. Москва, Губкина 3

О роли глубинных флюидов Земли в процессах дифференциации ее вещества существуют, по крайней мере, две взаимоисключающие точки зрения. Согласно одной из них, водород, как наиболее распространенный элемент Солнечной системы, в процессе аккреции планеты был захоронен в ее недрах и в настоящее время является одним из преобладающих компонентов внешнего ядра. Пульсирующая активность планеты приводит к периодическому выбросу водорода в области мантии и далее в земную кору, вызывая ряд следствий от выплавления мантийных магм и гранитоидов до разрушения озонового слоя Земли.

Другая точка зрения практически отрицает существенную роль флюидов в обмене веществом между основными оболочками Земли, допуская лишь верхнемантийный рециклинг летучих за счет субдукционных процессов. Данные представления основаны на современных изотопных исследованиях и изучении Луны. На базе W-Hf системы было показано, что формирование ядра Земли при ее аккреции заняло короткий промежуток времени (от ~50 до ~200 млн лет) с выделением огромного количества энергии, приведшей к расплавлению большей части планеты с соответствующей потерей летучих компонентов. Следующим актом дефлюидизации Земли могло быть образование Луны. Согласно принятой гипотезы, Луна образовалась в результате столкновения Земли с небольшой планетой, имеющей размеры современного Марса на ранней стадии развития Солнечной системы. Столкновение, в свою очередь, привело к выбросу огромного количества энергии, испарению этой планеты и части Земли. В пользу рассматриваемой гипотезы приводятся данные по совпадению стабильных изотопов кислорода на обоих телах, факты различия химического состава и строения Луны, физические параметры системы Луна-Земля, практическое отсутствие на спутнике летучих элементов и соединений. Плотность Луны сравнима с плотностью мантии Земли и у неё почти отсутствует железное ядро. Таким образом, согласно второй точке зрения плавление Земли при выделении ее ядра и последующее столкновение с малой планетой привели к быстрой и практически полной дегазации ее недр с образованием атмосферы. При «запуске» субдукционных процессов, по данным разных авторов в позднем архее или раннем протерозое летучие компоненты стали поступать в области верхней мантии и затем возвращаться в приповерхностные горизонты Земли уже в составе магматических расплавов.

Каждый из исследователей вправе придерживаться той или иной точки зрения, согласуя свои представления с поступающими новыми материалами. Кратко обратимся к вопросам дегазации Земли, включающими в себя рассмотрение как экзогенных, так и эндогенных процессов, поддающихся непосредственному изучению. К верхнему этажу геологической среды, ответственному за образование и диссипацию газовых компонентов, можно отнести районы распространения болот, торфяников, пластов каменного угля и т.п. Сюда, по-видимому, можно отнести и выделение водорода, реже метана, из ультраосновных комплексов пород при инфильтрации в них поверхностных вод. К более погруженному этажу – гео-

логические разрезы осадочных депрессий земной коры, в которых происходит образование, концентрирование и рассеяние различных газов, образующихся за счет термокаталитического преобразования органико-минерального субстрата пород.

К объектам дегазации, формирование которых обусловлено геодинамическими причинами, могут быть отнесены зоны разломов различной глубины заложения вне зависимости от типа геологических структур, в которых они развиваются. В пределах континентов в разломных зонах могут происходить разнообразные процессы, связанные с миграцией (как восходящей, так и нисходящей) по областям развития трещиноватости поверхностных и пластовых вод и их взаимодействие с вмещающими породами. Данные процессы, реализующиеся в гидратации, дегидратации минералов, карбонатизации и декарбонатизации субстрата и особенно в механохимических реакциях, усиливающихся в периоды тектонической активизации регионов, приводят к новообразованию широкого спектра газовых компонентов, включая эманации радона, торона, радиогенного гелия. В океанах, в зонах спрединга и трансформных разломов широко проявлены черные и белые курильщики, формирование которых связано с циркуляцией морских вод и выщелачиванием базальтоидных компонентов из океанической коры. Высокий сток газов в разломах орогенных структур также объясняется процессами преобразования минерального субстрата, как с участием вод различного генезиса, так и без него в условиях сжатия и периодического раскрытия недр.

Наибольший же вклад в дегазацию Земли на протяжении всей истории ее развития вносит магматическая активность планеты, особенно в эпохи тектономагматической активизации, проявлявшиеся с определенной периодичностью. При этом состав и соотношения между газовыми компонентами, выделяющимися из кристаллизующихся расплавов на разных уровнях глубинности, определяются геодинамическими режимами выплавления магм и составом магм. Так, например, сумма содержаний таких летучих компонентов, как H_2O , Cl, F, CO_2 , S в базит-ультрабазитовых магмах составляет 1.8–5.5 мас. %, увеличиваясь с повышением щелочности расплавов. В андезитовых магмах сумма летучих составляет 2.8–11.7 мас. %, а в кислых – 3.4–16.6 мас. %. В магмах среднего состава, по сравнению с основными и ультраосновными породами, выше содержание воды, фтора, хлора и углекислоты, но меньше серы [1].

Геохимическая специализация флюидов и флюидный режим магм, проявляющихся в разных геодинамических обстановках: зонах спрединга океанических хребтов и задуговых бассейнов; обстановках мантийных плюмов в условиях океанических плит; обстановках, связанных с субдукционными процессами, заложенными на океанической коре и зонах магматизма активных континентальных окраин, вовлекающие в процессы магмообразования континентальную кору; внутриконтинентальных рифтов и областях горячих точек, также существенно различаются между собой [2]. Это связано с различиями в источниках магматизма и с различной эволюцией магматических расплавов. Наименьшими концентрациями летучих характеризуются расплавы срединно-океанических хребтов, что согласуется с представлениями о деплетированности их источников. В наибольшей степени обогащены летучими (H_2O , Cl, F, CO_2 , S), так же как и элементами – примесями, магматические расплавы континентальных внутриплитных обстановок, что вероятно связано со свойствами их источников, обычно отвечающих обогащенной мантии. Высокие содержания H_2O в расплавах островных дуг обусловлены процессами рециклинга воды в зонах субдукции.

Таким образом, содержание и соотношение между флюидными компонентами, поступающими из остывающих магматических расплавов в верхние горизонты геологических разрезов и атмосферу Земли, и их геохимическая специализация определяются геодинамическими режимами выплавления магм.

Сравнительный анализ геодинамических обстановок формирования осадочных бассейнов, от рифейского времени по кайнозойское, показывает, что они могут быть подразделены на бассейны, образовавшиеся в условиях преобладающего растяжения земной коры с последующим в ходе эволюции сжатием, на бассейны с преобладанием сжатия (межгорные впадины), на преддуговые и междуговые бассейны в поясе активных окраин. В платформенных областях наглядно выражена главная особенность образования депрессий континентальной коры, обусловленная сопряженностью погружения заполняющих прогибы осадков со встречным воздыманием мантийного субстрата. В этом проявляется связь процессов формирования прогибов с развитием глубинного магматизма [3]. Мантийный магматизм проявляется и в излияниях базальтов с переходом к трапповым формациям и во внедрениях базит-гипербазитовых интрузивов. Развитие трапповых формаций начинается с образования площадей пирокластики, обусловленных взрывным поступлением в формирующиеся впадины воды, углекислоты и соответствующих базальтоидных микроэлементов. Подобным образом в нижних горизонтах осадочных геологических разрезов формируются нефтематеринские толщи (будущие черносланцевые формации). Здесь следует отметить и факт образования зон углеродистого метасоматоза, за счет дегазации внедрившихся базит-ультрабазитовых магм высоких степеней восстановленности в консолидированные породы.

В [4] представлены результаты геохимических исследований пород и битумоидов доманиковых отложений Волго-Уральской провинции. Глинисто-кремнисто-карбонатные разности пород в той или иной степени насыщены органическим веществом (2–20 %). По своим физическим характеристикам породы отличаются от ниже и вышележащих отложений повышенной радиоактивностью, обусловленной накоплением в них урана (до 35 г/т) при низком содержании тория (до 2 г/т) и калия (до 0,5–0,6 %). Наряду с ураном рассматриваемые породы обогащены (на 1,5–3 порядка) относительно кларка для верхней коры V, Mn, Ni, Cu, Zn, As, Se, Y, Mo, Ag, Au, Cd, Cs, Re, Hg. Указанный набор геохимических показателей является типоморфным практически для всех черносланцевых формаций и отражает геохимическую специализацию базитов. Был изучен изотопный состав стронция в чистом известняке, мергеле и аргиллите, а также в битумоидах из пород с различным содержанием урана. Начальные значения $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ в породах составляют 0,70827–0,70865, что соответствует значениям для вод верхнего девона. В эту область попадают и данные по некоторым пробам битумоидов, что свидетельствует об относительном равновесии между минеральной составляющей осадка и органическим веществом. Вместе с тем, в некоторых пробах битумоидов отношение $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ниже морских и составляет, соответственно, 0,7079 и 0,7068. Столь низкие начальные отношения стронция в битумоидах из пород девонского возраста могут быть обусловлены лишь участием эндогенных эманаций в формировании отложений подобного типа. Мергель и окремненная глинисто-карбонатная порода, также как и битумоид из нее, близки между собой по изотопному составу неодима (значение параметра $\epsilon_{\text{Nd}}^{\text{T}} = -4,8; -4,9; -4,3$). Вместе с тем, тонкозернистый урансодержащий известняк имеет более высокие значения $\epsilon_{\text{Nd}}^{\text{T}} = -3,9$, а битумоид из углеродсодержащей породы, отобранной из керна

скважины на максимальном пике значений гамма-каротажа ($C_U = 35.8$ г/т), а, следовательно, и с повышенным содержанием REE, характеризуется начальными значениями параметра эpsilon неодима, присущими деплетированным верхнемантийным источникам. ($\epsilon_{Nd}^T = 8,2$). Модельный возраст источника (T^{DM}), определенный для данной пробы, составляет ~411 млн лет, что соответствует времени тектоно-магматической активизации в пределах Восточно-Европейской платформы.

Полученные материалы позволяют сделать принципиальные выводы о том, что, во-первых, формирование доманиковых пород происходило при участии эндогенной составляющей, во-вторых, глубинные газовые эманации, поступавшие в бассейн седиментации, имели частично восстановленный характер, а их источником являлись области (каналы) остывающих основных магм, выплавление которых в среднем девоне происходило из деплетированного мантийного резервуара. Подобные комплексы пород резко отличаются по своей металлонасыщенности от горючих сланцев, условия образования которых не связаны с эндогенной составляющей и являются прерогативой мелководных бассейнов и озер.

Развитие депрессий земной коры, после отложения толщ осадочных пород может завершать магматизм щелочного уклона [5], характеризующийся повышенной флюидонасыщенностью и особой геохимической специализацией. В некоторых же геологических разрезах, например в пределах Восточной Сибири, наблюдается перемежаемость базитов переменной щелочности. Можно отметить случаи, когда после завершения этапа толеитового магматизма обмен веществом между оболочками происходит только через флюидную фазу, отделяющуюся от отступающих магматических очагов, в которых нарастает щелочность. В преддуговых и междуговых бассейнах в поясе активных окраин, помимо типичных андезитовых магм, часто имеют место проявления и надсубдукционных основных-ультраосновных расплавов и расплавов повышенной щелочности.

Смысл некоторых представленных черт развития осадочных бассейнов заключается в том, что в случае проявления эндогенной активности в том или ином регионе магматические расплавы и сопровождающие их флюиды могут оказывать прямое действие на процессы нефтеобразования и нефтенакпления. Это воздействие может проявляться как в непосредственном участии магматогенных флюидов в синтезе УВ, так и прогреве осадочных отложений и содержащегося в них ОВ, и в мобилизации рассеянных УВ с последующим концентрированием их в залежи в створе энергетического влияния магматического очага. Отметим одно из высказываний В.Е. Хайна, относящееся к области нефтяной геологии: «...для правильной и более полной оценки нефтегазового потенциала отдельных бассейнов в пределах выделенных геодинамических типов глобальных поясов необходим учет ранее недооценивающихся факторов. В частности, эндогенного фактора (глубинный магматизм, метаморфизм и повышенный термический режим на стадии рифтинга); глубинных флюидов в процессе генерации УВ, значение латерального стресса в образовании и развитии бассейнов: современного и палеотермического режимов, скорости седиментации, что, несомненно, будет способствовать выявлению распределения в них залежей УВ разного типа и их физического состояния» [6].

Для выяснения вклада эндогенных процессов и, в частности, магматогенных флюидов в образование нефти некоторых регионов на диаграмму Ti-Zr-Y, предложенную Дж.Пирсом и Дж.Канном для реконструкции геодинамических обстановок формирования базальтов, измененную для наших задач, нанесены средние составы изученных нефтей, и данные по битумоидам из толщ, обогащенных ор-

ганическим веществом. Из рассмотрения диаграммы следует, что нефти Днепровско-Донецкой впадины и Восточной Сибири ложатся в область развития внутриплитных базальтов, нефти Южно-Татарского свода – в область развития толеитовых базальтов, а нефти Сахалинского шельфа – в область развития островодужных толеитов и известково-щелочных базальтов. Точки, отвечающие среднему составу битумоидов из нефтематеринских пород, значительно сдвинуты по отношению к нефти [7].

При сравнении геохимических особенностей нефти различных регионов нами учитывались коэффициенты распределения элементов-примесей в системах расплав (базальт) – флюид (битум), выведенные на основе собственных экспериментальных материалов, а также близости ионных радиусов некоторых элементов. На составленной серии дискриминационных диаграммах средние составы нефти регионов с отличающимися режимами геодинамического развития недр существенно разделились, что не может являться случайностью. По аналогии с данными канонических отношений элементов–примесей в базитовых магмах различных геодинамических обстановок, отличающихся поведением летучих компонентов и соотношением между малыми элементами в расплавах, представленными в [8], осуществлена попытка выведения аналогичных отношений в нефти.

Оказалось, что Zr/Y и Th/Yb отношения в нефти ДДВ и ВС снижаются к соответствующим отношениям в нефти сахалинского шельфа, аналогично снижению этих отношений в базальтах внутриплитных обстановок к базальтам островных дуг и активных континентальных окраин. Изменение Zr/Nb отношения в рассмотренных нефтях, по сравнению с указанными базальтами, имеет обратную тенденцию, а Nb/Ta , La/Yb , Ru/Ir отношения в нефти различных регионов также имеют тенденции к увеличению или уменьшению в зависимости от характера проявления геодинамических процессов в том или ином регионе [7].

Таким образом, приведенные краткие материалы, несмотря на незначительное количество данных, позволяют, в совокупности с представлениями о геодинамическом режиме развития регионов, использовать геохимию для идентификации некоторых источников вещества в нефти, в том числе вещества магматитов различного профиля и сопутствующих им флюидов.

Авторы отдают себе отчет в том, что процессы нефтеобразования могут происходить и за счет факторов, приведенных в начале сообщения. Нефтеобразование и нефтенакопление может иметь место (и имеет) в краевых участках плит или на границах разных плит в конвергентную стадию, с преимущественным преобладанием горизонтальных движений. В этих условиях происходит сжатие осадочных комплексов, их частичный метаморфизм, образование на краях бассейнов надвигов, инверсионных валов с соответствующим изменением динамики и направления движения отжимающихся флюидов различного происхождения. Надо признать и перераспределяющую для флюидов различного генезиса, в том числе и глубинных, роль тектонического фактора. В условиях длительно продолжающейся сейсмичности регионов на определенных этапах их геодинамического развития, в области трещиноватости, сопряженные с разломами глубокого заложения, могут подсасываться, наряду с пластовыми растворами, и «замороженные», законсервированные реликты магматогенных флюидов ранних стадий развития осадочных депрессий или стадий становления фундамента территорий. Эти реликты флюидов и продукты их трансформаций (минералы различного состава) несут на себе геохимические особенности эндогенных источников и при

соответствующих преобразованиях в условиях деформации геологической среды могут приносить данные метки в скопления УВ, при совмещенности процесса нефтидогенеза и тектогенеза.

В заключение хотелось бы отметить, что, по аналогии с петрологическими исследованиями, изучение неорганической геохимии нефти может положить конец многолетним дискуссиям о генезисе в тех или иных регионах нефтидов, который, судя по всему, различен, что достаточно широко освещено на совещаниях по дегазации Земли и в геологической литературе последнего времени [9, 10, 11]. Выяснение этих вопросов, помимо чисто культурологического, научного интереса, может оказать существенное влияние на поиск и разведку глубокопогруженных залежей в районах с развитой инфраструктурой, поскольку освоение скоплений углеводородов на шельфе северных морей относится к достаточно отдаленной перспективе. Вместе с тем, без соответствующих программ исследований подобные работы проводить практически невозможно, особенно это касается изучения распределения тяжелых изотопов в нефти. Помимо геохимических исследований важную роль должны сыграть геофизические работы, использующие многометодные модели строения земной коры и учетом геодинамического развития регионов. Факт наличия геофизических аномалий консолидированной коры в створе скоплений УВ неоспорим, но вопросы интерпретации подобной совмещенности и природы аномалий остается не решенным.

Литература

1. Наумов В.Б., Коваленко В.И., Дорофеева В.А. // Геология рудных месторождений. 1997. Т. 39. № 6. С. 520–529.
2. Наумов В.Б., Коваленко В.И., Ярмолюк В.В., Дорофеева В.А. // Геохимия. 2000. №5. С. 555–564.
3. Маракушев А.А. // Проблемы глобальной геодинамики. М.: ОГГГН РАН, 2003. С. 214–228.
4. Готтих Р.П., Писоцкий Б.И., Журавлев Д.З. // Докл. РАН. 2007. Т. 412. № 4. С. 524–529.
5. Макаренко Г.Ф. Периодичность базальтов, биокризисы, структурная симметрия Земли. М.: Геоинформмарк, 1997. 97 с.
6. Хаин В.Е., Л.Э. // Геология и геофизика. 2001. Т. 42. № 11-12. С. 1724–1738.
7. Готтих Р.П., Писоцкий Б.И. // Докл. РАН. 2010. Т. 433. № 4. С. 507–511.
8. Коваленко В.И., Наумов В.Б., Гирнис А.В. и др. // Докл. РАН. 2009. Т. 426. № 2. С. 222–225.
9. Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть и газ. Материалы Международной конференции. 2002. Москва. М.: ГЕОС, 2002. 472 с.
10. Дегазация Земли: геофлюиды, нефть и газ, парагенезы в системе горючих ископаемых. Тезисы Международной конференции, Москва, 2006. М.: ГЕОС, 2006. 320 с.
11. Дмитриевский А.Н. // Докл. РАН. 2008. Т. 419. № 3. С. 373–377.

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЯВЛЕНИЙ ГЛУБИННОЙ ДЕГАЗАЦИИ И КАНАЛОВ МИГРАЦИИ УГЛЕВОДОРОДОВ В ПРИКАСПИЙСКОМ РЕГИОНЕ

В.И. Гридин

Институт проблем нефти и газа РАН, 119333 г. Москва, ул. Губкина, д. 3

The diagonally-lattice-bloc figure of the modern (Holocene) processes is revealed in the Near-caspian region by specialized space images decoding. The diagonally distributed zones of flexural-ruptures and, especially, geodynamic junction control the distribution of deep degassing appearances, including escapes in mines.

В пределах Прикаспийской, Северо-Кавказской и Мангышлакской нефтегазоносных провинций известны многочисленные проявления глубинной дегазации как в акватории Каспийского моря, так и на прилегающих побережьях. Прикаспийский регион в целом характеризуется хорошими климатическими условиями для дистанционного изучения и мониторинга природных ресурсов. Здесь накоплены большие массивы материалов аэро- и космического зондирования в оптическом, инфракрасном и радиолокационном диапазонах, выполнены их предварительная, тематическая и сопряженная обработки, разработаны и опробованы новые методы и технологии получения и тематического дешифрирования [1, 2, 3]. Наиболее результативными оказались системно-аэрокосмический метод изучения акваторий и технологии системно-геодинамического дешифрирования материалов специализированного дистанционного зондирования.

По результатам этих работ закартирован диагонально-решетчато-блоковый рисунок современных геодинамических и физико-геологических процессов. Выявлена система разноранговых диагонально ориентированных зон флексурно-разрывных нарушений. Их преимущественные простирания – северо-восточное и северо-западное. Установлено контролирующее воздействие этих зон на формирование компонентов современного ландшафта и функционирование техногенных объектов. Закономерно распределенные зоны геодинамически активных флексурно-разрывных нарушений расчленяют акваторию Каспийского моря и прилегающее побережье на ромбовидные в плане блоки разного ранга. Установлена приуроченность градиентов физических полей к зонам нарушений. В их пределах и, особенно, в узлах их пересечений (геодинамических узлах) горные породы дезинтегрированы и характеризуются повышенными фильтрационно-емкостными свойствами. Повышенная инфильтрация и тепломассоперенос, опережающее растепление ледового покрова, закономерное распределение загрязнений и полей планктона, линейные ограничения облачных массивов – эти и другие индикаторы геодинамически активных нарушений находят отражение на специализированных материалах дистанционного зондирования и обеспечивают достоверное выделение системы нарушений.

Опасные геодинамические и физико-геологические процессы приурочены, в основном, к зонам геодинамически активных флексурно-разрывных нарушений и, особенно, к геодинамическим узлам. При подъеме уровня Каспийского моря зоны нарушений послужили каналами опережающего затопления значительных по размерам диагонально распределенных и линейно ориентированных площадей. Зоны геодинамически активных нарушений контролируют большинство (до 70–80

%) аварий на скважинах и трубопроводах. Еще большую опасность представляют геодинамические узлы. Примером может служить авария 1986–1987 гг. на скважине 37 Тенгизского месторождения. Аварийная скважина стала причиной колоссального загрязнения атмо-, гидро- и литосферы. По материалам комплексных горно-экологических исследований установлено дифференцированное распределение загрязненных территорий. Геодинамические узлы загрязнены максимально, несколько меньшей степенью загрязнения характеризуются зоны геодинамически активных нарушений.

Космобиоритмические исследования выявили приуроченность опасных геодинамических процессов к периодам сочленения космобиоритмов различной продолжительности (от галактического года в 516–520 млн лет до 180-, 22- и 11-летних, годового, месячного, суточного). Опасные геодинамические и контролируемые их физико-геологические процессы получают максимальное развитие в периоды сочленений однопорядковых и разнопорядковых циклов. При этом оказалось, что действующие нормативы (в первую очередь, карты общего сейсмического районирования ОСР-97) не соответствуют реальности и не могут дальше служить основой надежного проектирования, строительства, проведения охраняемых мероприятий.

Специализированные материалы дистанционного зондирования позволили также получить новую информацию о пространственном распределении проявлений глубинной дегазации как в акватории Каспийского моря, так и на окружающих побережьях. Проявления дегазации в виде пульсирующих выбросов газовых смесей из воронок, кратеров, своеобразных траншей и тектонических уступов зафиксированы в акватории и на морских аккумулятивных равнинах.

В Прикаспийском регионе известны многочисленные случаи неконтролируемых и аварийных выбросов глубинных пластовых флюидов. Крупные аварии на скв. 37 Тенгизской площади, скв. 427 Карачаганакской площади и целом ряде других скважин привели к значительным экономическим потерям, загрязнению окружающей среды и предопределили необходимость детального изучения причин чрезвычайных происшествий.

Детальное картирование контролируемых и неконтролируемых проявлений глубинной дегазации выявило основную закономерность их пространственного распределения: 80–85 % этих проявлений приурочено к геодинамическим узлам и разноранговым геодинамически активным флексурно-разрывным нарушениям.

В связи с этим видится необходимым:

- выполнение системно-геодинамического районирования в обзорно-региональном (м. 1:2500000) и региональном (м. 1:500000) масштабах;
- выполнение системно-геодинамического 3D- и 4D-моделирования в детальном (м. 1:50000 – 1:25000) и детализационном (м. 1:10000 – 1:2000) масштабах объектов топливно-энергетического комплекса;
- разработка и реализация региональных, территориальных и пообъектных программ сопряженного (подземно-наземно-аэрокосмического) горно-экологического мониторинга площадей и объектов топливно-энергетического комплекса;
- разработка и реализация новых нормативно-правовых документов, регламентирующих проведение мероприятий по обеспечению геодинамической, горно-экологической и сейсмологической безопасности.

Для рационального и экологически сбалансированного освоения углеводородных ресурсов Прикаспийской провинции представляется целесообразным ис-

пользование пакета новых технологий получения специализированных материалов дистанционного зондирования, их предварительной, тематической и сопряженной обработок, создания комплексных сопряженных баз данных площадей и объектов ТЭК.

Литература

1. *Гридин В.И., Дмитриевский А.Н.* Системно-аэрокосмическое изучение нефтегазонасыщенных территорий. М.: Наука, 1994. 357 с.

2. *Гридин В.И., Лапоухов А.Н., Фоменко А.В.* Космобиоритмические взаимосвязи современных физико-геологических, геодинамических и флюидодинамических процессов в арктических регионах // Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть, газ и их парагенезы. М.: ГЕОС, 2008. С. 131-134.

3. *Дмитриевский А.Н., Гридин В.И.* Инновационные технологии системно-геодинамического моделирования газонасыщенных территорий // Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть, газ и их парагенезы. М.: ГЕОС, 2008. С. 154-157.

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ИЗУЧЕНИЮ КАНАЛОВ ДЕГАЗАЦИИ В КУЗНЕЦКОМ МЕТАНОУГОЛЬНОМ БАССЕЙНЕ

В.И. Гридин

Институт проблем нефти и газа РАН, 119333 г. Москва, ул. Губкина, д. 3

The system analyse of information-analytical support of a coal mine exploitation and of a Kuzbass methane production program has revealed that modern (Holocene) processes and physico-geological ones are studied not enough. The spatio-temporal regularities of accident-related area are revealed by the comparison of the system-geodynamic models with distribution and chronology of accidents in mines.

В последние годы возросли количество и значимость аварий на угольных шахтах Кузбасса. Большинство этих аварий связано с неравномерной дегазацией угольных пластов, подстилающих и перекрывающих горных пород. Все чаще появляются сведения о внезапных выбросах метана, превышении предельно допустимой его концентрации в горных выработках, катастрофических взрывах метана и угольной пыли. Количество аварий растет не только в давно эксплуатируемых шахтах, но и в современных, оборудованных по последнему слову техники горных выработках.

Автором предпринята попытка системного анализа основных процессов, контролирующих природную и техногенно-природную дегазацию шахтных полей. Оказалось, что современные (голоценовые) геодинамические, физико-геологические, флюидодинамические, космобиоритмические процессы системно не изучаются и при проектировании, строительстве и эксплуатации скважин и горных выработок практически не учитываются [1].

С системных позиций были разработаны предложения по минимально необходимому объему, периодичности и представительности информации о состоянии и динамике изменений компонентов окружающей среды [1]. Сопоставительный анализ рекомендуемой и фактической организации информационно-анали-

тического обеспечения эксплуатации горных выработок показал, что 70–80 % минимально необходимой информации в проектных, строительных и эксплуатационных решениях не используются [2].

Для оценки современных геодинамических и физико-геологических процессов дегазации шахтных полей Кузбасса автором выполнено системно-геодинамическое дешифрирование [3] космических изображений в обзорно-региональном и региональном масштабах всей территории Кузбасса, в детальном масштабе в пределах 5 эталонных участков.

По результатам дешифрирования выявлен диагонально-решетчато-блоковый рисунок современных геодинамических и физико-геологических процессов. Диагонально распределенные разноранговые зоны геодинамически активных флексурно-разрывных нарушений расчленяют изученную территорию на ромбовидные в плане блоки. Преимущественные простирания зон нарушений – северо-восточное и северо-западное. Наблюдается также закономерно распределенные плавные изгибы этих зон, что свидетельствует о значительных амплитудах горизонтальных смещений отдельных блоков под действием тангенциальных составляющих физически полей.

Механизм твердотельных приливов постоянно обновляет дезинтеграцию горных пород в зонах геодинамически активных флексурно-разрывных нарушений и, особенно, в геодинамических узлах (участках пересечений разноранговых зон нарушений). Фильтрационно-емкостные свойства горных пород в зонах нарушений существенно лучше, чем в пределах разделяемых ими блоков, а в геодинамических узлах они возрастают еще на 1–2 порядка. Современные флюидопотоки концентрируются по зонам нарушений и по геодинамическим узлам, формируя и постоянно совершенствуя закономерно упорядоченную систему своеобразных каналов дегазации шахтных полей. Механизм твердотельных приливов поступательно-возвратными движениями блоков горных пород усиливает скорость и объемы флюидоперетоков, как в латеральных, так и в вертикальных направлениях.

По результатам дешифрирования космических изображений и переинтерпретации геолого-геофизической информации построены карты системно-геодинамического районирования в обзорно-региональном, региональном, а по эталонным участкам – в детальном масштабах.

Сопоставительный анализ системно-геодинамической информации с распределением и хронологической последовательностью 79 аварий на шахтах Кузбасса наметил закономерные взаимосвязи современных геодинамических и физико-геологических процессов с пространственным распределением аварий. Установлено, что 39 (49,4% от общего числа) аварийных участков расположено в геодинамических узлах, 31 (39,2 %) – в пределах разноранговых зон геодинамически активных нарушений и лишь 9 (11,4%) – в пределах ромбовидных в плане блоков. Таким образом, 70 аварийных участков (88,6% от общего числа) расположены в геодинамических узлах и в зонах геодинамически активных нарушений.

Для выявления закономерностей временного распределения опасных геодинамических и физико-геологических процессов получены и проанализированы сведения по хронологии 140 аварий в шахтах Кузбасса за период с 1998 по 2008 гг. По результатам сопоставительного анализа хронологии аварий с солнечной активностью в среднемесячных значениях чисел Вольфа установлено, что 91 авария (65% от общего числа) приурочена к периодам сочленений разноранговых циклов активности, 49 аварий (35%) – к самим циклам солнечной активности.

Сопоставление хронологии аварий с солнечной активностью в среднесуточных значениях чисел Вольфа свидетельствует, что 95 аварий (67,9%) приурочены к сочленениям циклов, а 45 аварий (32,1%) – к самим циклам солнечной активности. Таким образом, свыше 65% аварий приурочено к периодам сочленений разноранговых циклов солнечной активности, а 30–35 % аварий – к самим циклам.

Обобщение фактических данных свидетельствует о необходимости использования системно-геодинамической информации как для безопасной эксплуатации угольных шахт, так и для изучения, подсчета запасов, разработки и эксплуатации залежей метана в Кузнецком бассейне.

В программы работ по эксплуатации угольных шахт и по извлечению метана из угольных пластов предлагается включить в системно-геодинамическое районирование в м. 1:500000, детальные системно-геодинамическое моделирование и инвентаризацию природных ресурсов осваиваемых территорий с составлением сопряженных баз данных в м. 1:50000 – 1:25000; разработку и реализацию региональной, территориальных и пообъектных программ сопряженного (подземно-наземно-аэрокосмического) горно-экологического мониторинга.

Необходимо разработать и внедрить также пакет нормативно-правовых документов для планирования, организации и выполнения системно-геодинамических работ в интересах газовой и угольной промышленности.

Литература

1. Гридин В.И., Гак Е.З. Физико-геологическое моделирование природных явлений. М.: Наука, 1994. 204 с.

2. Гридин В.И., Лапоухов А.Н., Фоменко А.В. Космобиоритмические взаимосвязи современных физико-геологических, геодинамических и флюидодинамических процессов в арктических регионах // Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть, газ и их парагенезы. М.: ГЕОС, 2008. С. 131-134.

3. Дмитриевский А.Н., Гридин В.И. Инновационные технологии системно-геодинамического моделирования газоносных территорий // Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть, газ и их парагенезы. М.: ГЕОС, 2008. С. 154-157.

МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНЫХ СВОЙСТВ СЕЙСМИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Г.А. Гусев, З.Г. Гусева, И.Л. Гуфельд,

Физический институт им. Лебедева, Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта,
Институт земного магнетизма и распространении радиоволн, РАН, Москва, Россия

New non-linear model of a source is represented. Model source consists of blocks with interactions influenced by the lithospheric gases. Non-linearity is taken into account also in the friction between blocks. Some new results for the lifetimes of the sources are represented. They show, that for the same strains.

Будет рассмотрена новая парадигма сейсмического процесса и подготовки сильных землетрясений. Она основана на представлениях о литосфере как блоковой среды с предельной энергонасыщенностью, слабо меняющейся за счет вза-

имодействия твердой фазы с восходящими потоками легких газов (водород, Гелий) [1]. Построена соответствующая динамическая модель очага землетрясения как физическая модель нелинейных метастабильных многочастичных систем, подверженных внешним и внутренним воздействиям, из-за чего система может терять стабильность.

Сейсмический процесс, включая сильные землетрясения, реализуется по границам блоков – разломам, где наблюдается активная циркуляция флюидной фазы и возможна подкачка газовых компонент из мантии и окружающей среды. По границам происходит смещение блоков относительно друг друга. Граничные структуры также находятся в предельном по энергонасыщенности состоянии. Можно говорить о двух режимах функционирования активных границ: фоновом и формирования и распада крупномасштабных нестабильных структур – очагов.

Очаг формируется не за счет действия тектонических напряжений, а в результате изменения объемов в блоково-границных структурах, вызванного взаимодействием восходящих потоков легких газов с твердой фазой, приводящих к ограничению движения блоков или их совокупностей.

Масштабы и динамика связанных механических зацеплений-цепочек (их совокупностей) в межблочных границах определяют характер сейсмического режима. Основным элементом в цепочке является механическое зацепление, представляющее конгломерат мелких блоков и отдельностей. Они испытывают собственные колебания. При определенных внутренних условиях и внешних полях эти колебания могут перейти в специфический аperiodический режим с последующим распадом локальных или крупномасштабных цепочек, приводящих к поддержанию или восстановлению фонового сейсмического режима.

Колебательный режим совокупности механических зацеплений в цепочке (системе цепочек) в открытой и нелинейной среде предложено рассматривать в рамках модели Ферми-Паста-Улама (ФПУ) [2], описывающей динамику нелинейных взаимодействий осцилляторов. В отличие от Ферми с соавторами мы рассматриваем неоднородные цепочки с различными массами и меняющимися во времени параметрами упругих линейных и нелинейных взаимодействий между элементами. Такое представление граничных структур позволяет учитывать различные условия их динамики: тектонические и фоновые силовые воздействия, включая квазистационарное нагружение, шумовые, периодические и импульсные воздействия различной природы, изменения параметров контактного взаимодействия отдельностей в граничной структуре (нестационарные режимы в очаге). Критерием устойчивости модельного очага (временного устойчивого состояния двух или более блоков между собой) выбрано время жизни цепочек, заканчивающееся их распадом. Под распадом цепочек понимается переход движения ее отдельных элементов из квазипериодического в аperiodическое, когда амплитуда смещения элементов скачком неограниченно возрастает.

В прежних наших работах [3,4] предполагалось, что коэффициенты линейной упругости связей между блоками не зависят от времени, и учитывалась зависимость от времени только коэффициентов нелинейной упругости. В то же время известно, что легкие газы, особенно водород, изменяют в значительной степени весь характер упругого взаимодействия. Поэтому вполне естественно было рассмотреть в рамках нашей модели более общий случай, включая временные вариации всех параметров, определяющих взаимодействие между блоками, образующими очаг, т.е. связанное состояние блоков).

Обсуждавшийся выше механизм влияния водорода на физические (упругие) свойства межблоковой среды может быть естественно промоделирован в рамках предложенной в работах [2,] нелинейной модели очага землетрясения, как динамической системы, неустойчивой под действием внешних воздействий, являющейся обобщением модели Ферми, Пасты и Улама [2].

$$m_i d^2 x_i / dt^2 = -[k_{i+1} (x_{i+1} - x_i) \exp(-\alpha_{i+1} (x_{i+1} - x_i)^2) + \delta] + [k_i (x_i - x_{i-1}) \exp(-\alpha_i (x_i - x_{i-1})^2) + \delta] - v_i dx_i / dt \exp(-\beta_i (dx_i / dt)^2) + \gamma(t) m_i \quad (1)$$

Здесь m – масса блока, коэффициенты k , α , δ характеризуют нелинейную силу, коэффициенты v и β характеризуют нелинейную силу трения между блоками, коэффициент γ учитывает приливную силу.

В данной работе основное внимание уделяется изучению влияния водорода на упругие линейные свойства, проявляющиеся на языке модели в зависимости коэффициентов линейной упругости от времени, а также влиянию шума в деформации.

В нашем случае мы имеем цепочку из мелких блоков различной массы во внутриблоковой структуре и различными связями между ними, характеризующимися разными коэффициентами линейной и нелинейной упругости, которые стохастически распределены вдоль цепочки. Нас будет интересовать более общий случай взаимодействия между блоками цепочки с отталкиванием на малых расстояниях, законом Гука на средних и экспоненциальным убыванием на больших:

$$F(x) = \delta - kx \exp(-\alpha x^2) \quad (2)$$

Приведём результат расчёта для поведения времени жизни очага в зависимости от скорости убывания линейной упругости при заданной нелинейной упругости. Эта зависимость представлена на рис. 1. Как видно из рисунка, при сравнительно малых скоростях убывания линейной упругости (то есть при слабом изменении концентрации водорода в очаге со временем) время жизни очага слабо меняется при увеличении скорости на порядок. Но затем время жизни начинает быстро уменьшаться (можно говорить о дестабилизации очага при увеличении скорости) и при некоторой критической скорости оно скачком становится бесконечным, то есть очаг стабилизируется. Такая стабилизация при больших скоростях соответствует переходу очага в режим пластичного сброса упругой энергии.

Приведем ещё результат зависимости времени жизни очага от величины шума во внешней деформации при фиксированной сравнительно небольшой скорости роста линейной упругости, отвечающей начальной точке предыдущего рисунка, когда время жизни очага сравнительно велико. Шум меняется в больших пределах (1 порядок).

Такая зависимость приведена на рис. 2 в режиме сравнительно сильных шумов. Вначале эта зависимость слаба в довольно широком диапазоне амплитуд шумов, но затем она резко усиливается при шумах примерно в 7 раз превышающих шум, сохраняющий стабильность очага.

Проведенное моделирование сейсмичности очага говорит о разнообразии его поведения. Оно проявляется в наличии резких переходов от состояния более стабильного к менее стабильному состоянию (с меньшим временем жизни) и наоборот.

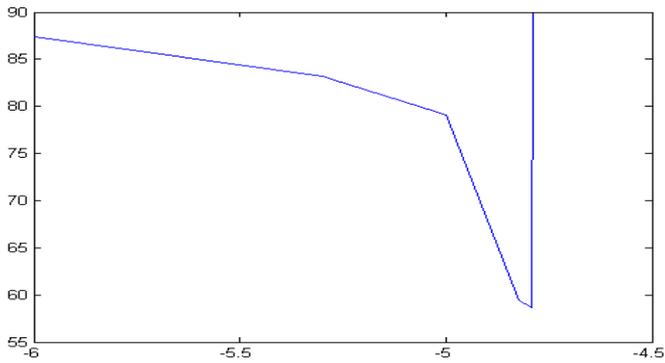


Рис. 1. Зависимость времени жизни очага от скорости убывания линейных коэффициентов упругости связей между его блоками в логарифмическом масштабе

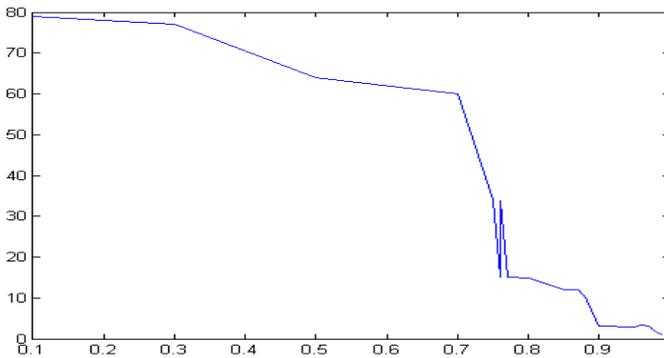


Рис. 2. Зависимость времени жизни очага от амплитуды шума во внешней деформации

Это даёт понимание, почему реальные очаги при одинаковых измеряемых деформациях имеют различную краткосрочную стабильность.

Литература

1. Гуфельд И.Л., Гусев Г.А., Матвеева М.И. Метастабильность литосферы как проявление восходящей диффузии легких газов // Докл. РАН. 1998. Т. 362. №5. С. 677-680.
2. Fermi E., Pasta J., Ulam S. Studies of non-linear problems. Los Alamos Report LA-1940 (1955). In collected papers of Enrico Fermi / Ed. Segre. Chicago: Univ. of Chicago, 1965. V. 2. P. 978-988.
3. Гусев Г.А. Неоднородная цепочка Ферми-Паста-Улама для описания динамики очага землетрясения // Докл. РАН. 2001. Т. 376. №5. С. 675-678.
4. Гусев Г.А., Гуфельд И.Л. Прогноз землетрясений и построение нелинейной теории сейсмического процесса // Сб. материалов Второго международного симпозиума 29 октября – 3 ноября 2002 г. Москва–Бишкек, 2003. С. 222-232.
5. Гуфельд И.Л., Гусев Г.А. Сейсмический процесс в предельно энергонасыщенной геологической среде и прогноз землетрясений // Вулканология и сейсмология. 2006. №6. С. 71-78.

КОЛЕБАТЕЛЬНЫЙ РЕЖИМ ОБЪЕМНО-НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ, ОБУСЛОВЛЕННЫЙ ПРОЦЕССАМИ ДЕГАЗАЦИИ

И.Л. Гуфельд

Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта, Москва, Россия

Строение и масштабные процессы в геологической среде не могут быть отражены в лабораторном моделировании: постоянные движения блоков относительно друг друга, повторяемость крупномасштабных разрывов (КР) в одних и тех же граничных структурах, поддержание литостатической нагрузки и действием флюида постоянной трещиноватости среды, весьма малая часть снимаемой при КР фоновой упругой энергии. Одной из важнейших особенностей геологической среды (включая сейсмоактивные регионы) являются непрерывные и разномасштабные вариации параметров, отражающие соответствующие изменения объемно-напряженного состояния (ОНС) среды. Эти изменения описываются набором гармоник с периодами от часов – суток и более. Столь быстрые и непрерывные вариации параметров среды не могут быть связаны с ее реакцией на весьма медленные тектонические движения. Из многих наблюдений понятно, что сейсмический процесс контролируется слабыми и разномасштабными флуктуациями ОНС вблизи предельного уровня энергонасыщенности среды [1, 2].

Природа вариаций ОНС среды рассматривается с учетом ее реакции на процессы взаимодействия с восходящими потоками легких газов (водород, гелий). Следствием взаимодействия переменных восходящих потоков легких газов с твердой фазой, при котором происходят изменения кристаллографической структуры и объема элементов среды, будут вариации упругих модулей среды [2]. Учитывая переменный характер восходящих потоков легких газов и их пространственную неоднородность, это приведет к колебательному режиму ОНС предельно энергонасыщенной среды на различных масштабах. Такой процесс реально наблюдается и отражается в вариациях скоростей продольных V_p и поперечных V_s волн, являющихся, как известно, структурно чувствительными параметрами ($V_p/V_s \sim 1.15 (E/\mu)^{1/2}$, где E и μ соответственно модули Юнга и сдвига, а коэффициент Пуассона принят равным 0.3). При квазипостоянных градиентах литостатического давления и температуры восходящие потоки легких газов представляются основным переменным фактором, контролирующим непрерывные слабые вариации ОНС среды.

В качестве иллюстрации рассмотрим особенности колебательного режима ОНС, отражающего устойчивое или неустойчивое состояние среды, и его вариации в сопоставлении с сейсмическим процессом на Камчатском прогностическом полигоне. Для этих целей использован мониторинг параметра τ (отражающего изменения V_p/V_s), который рассчитывался по измеряемым временам прихода продольной T_p и поперечной T_s волн и времени в очаге T_0 ($\tau = (T_s - T_0) / (T_p - T_0)$) [3]. Описание функционирования динамической системы во времени осуществлено на основе анализа решений разностного уравнения второй степени и второго порядка [4]

$$x_{k+2} = a x_{k+1} + b x_k + c x_{k+1}^2 + d x_k^2,$$

где x – текущие значения параметра τ . Коэффициенты a и b при первых степенях – параметры функционирования системы, определяющие тип ее колебательного

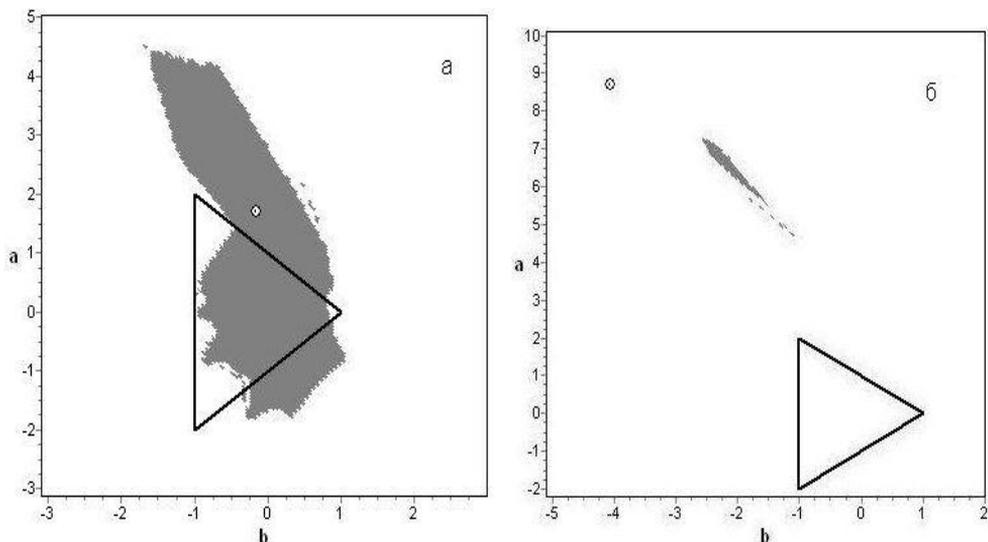


Рис. 1. Устойчивое (а) и неустойчивое (б) состояние среды. Темное поле – ОСП. Белая точка – текущее состояние системы

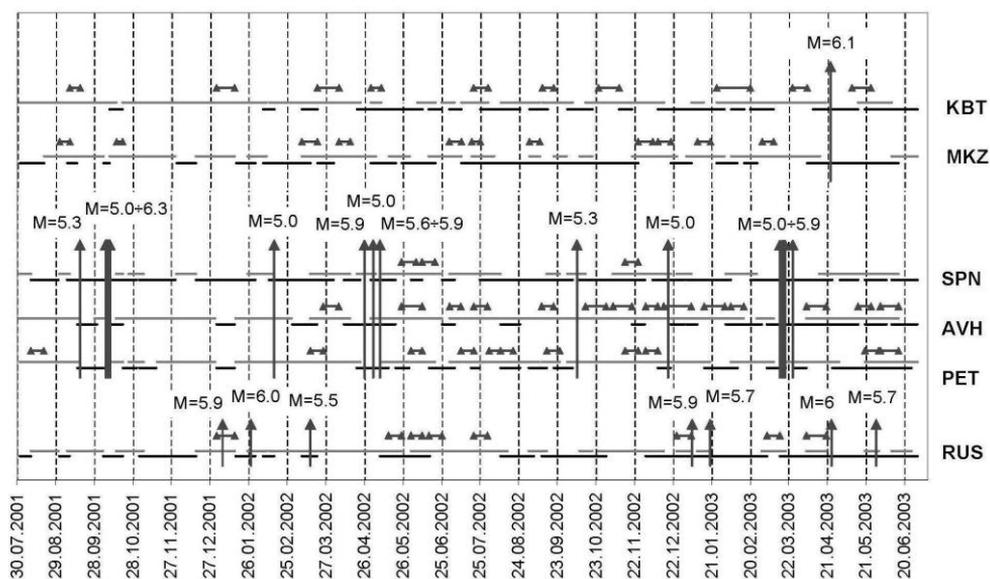


Рис. 2. Колебательный режим ОНС среды. Периоды устойчивого (горизонтальная черная линия) и неустойчивого (серая линия) состояния среды, контролируемые по каждой из сейсмических станций Камчатки. Имя станции – справа. Стрелки – сейсмические события, линия между треугольниками – периоды с преобладающей накачкой среды энергией

поведения как коллектива элементов. Они характеризуют устойчивость или неустойчивость функционирования системы, наглядно определяемые на плоскости в безразмерных координатах a и b областью сходящихся (ОСП) или несходящих-

ся решений. Координаты точек состояния среды а и b при устойчивом динамическом режиме лежат в ОСР, а при неустойчивом – вне ОСР. Примеры этих состояний приведены на рис.1. Коэффициенты с и d при квадратичных членах контролируют энергетические процессы, связанные с внешними воздействиями или сбросом энергии средой. Значения $(c + d) > 0$ соответствуют накачке среды энергией, а значения $(c + d) < 0$ – сбросу энергии [4].

Как видно из рис. 2, интервалы устойчивого и неустойчивого состояния различны [5]. На рисунке в отдельные периоды времени они накладываются друг на друга. Этот результат является следствием того, что одни и те же данные мониторинга использованы для анализа в перекрывающихся интервалах. Отметим весьма быстрый переход от одного состояния к другому. Время этих переходов составляло от 2–3 до 7 суток (по анализу перекрывающихся интервалов). На станциях RUS, PET, AVH и KBT неустойчивое состояние сохраняется более половины времени анализа, а по станциям MKZ и SPN – около трети времени. Причем одновременно по всем шести станциям не фиксируется одинаковое состояние среды, устойчивое или неустойчивое. Обращает внимание одновременное устойчивое состояние среды для соседних станций, таких как PET, AVH, SPN и KBT, MKZ, в период которого или сразу после его окончания происходят близкие сейсмические события, как отдельные, так и их серии, с M от 5 до 6.3 (расстояния до станций менее 200км). Аналогичная ситуация наблюдалась на станции RUS перед сильными землетрясениями, происшедшими на расстоянии около 400 км. Подчеркнем, что устойчивое состояние среды предшествует этим событиям. Для большинства временных интервалов $(c + d) < 0$. Это означает, что превалирует процесс сброса энергии средой, т.е. среда, за счет процессов дегазации, всегда поддерживается в неустойчивом состоянии, реализуя колебательный процесс на различном пространственном масштабе.

Анализ периодов устойчивого и неустойчивого состояния блоковой среды в сопоставлении с проявлениями сейсмичности показывает, что режим сильных землетрясений обусловлен процессами взаимодействия блоков. В конечном итоге этот режим контролируется параметрами колебательных процессов в среде – блоковой структуре (обусловленных динамикой взаимодействия восходящих потоков легких газов с твердой фазой) и движениями блоков относительно друг друга, связанных с изменениями объема элементов среды при непрерывных фазовых переходах гранит-базальт и базальт-гранит в зоне верхней мантии – средней коры [6].

Литература

1. *Соболев Г.А.* Основы прогноза землетрясений. М.: Наука, 1993. 313 с.
2. *Гуфельд И.Л.* Сейсмический процесс. Физико-химические аспекты. Королев: ЦНИИМАШ, 2007. 160 с.
3. *Славина Л.Б., Мячкин В.В., Левина В.И.* Опыт применения кинематических предвестников сейсмического поля для прогноза землетрясений на Камчатке // Комплексные сейсмологические и геофизические исследования Камчатки. М.: Наука, 2005. С. 216-227.
4. *Новосёлов О.Н.* Идентификация и анализ динамических систем. М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2006. 300 с.
5. *Гуфельд И.Л., Афанасьев А.В., Афанасьева В.В., Новосёлов О.Н.* Триггерные эффекты сейсмогеотектонического процесса в динамически меняющейся геологической среде // Докл. РАН. 2010. Т. 433. №1.
6. *Вертикальная аккреция земной коры. Факторы и механизмы.* М.: Наука, 2002. 461 с.

ФЛЮИДОДИНАМИКА НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ БАССЕЙНОВ: ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ

А.М. Дадашев

Az1143, Баку, Азербайджан, проспект Г.Джавида 29 А. Институт геологии НАН Азербайджана

FLUIDODYNAMICS OF OIL AND GAS BEARING BASINS: BASIC AND APPLIED ASPECTS

Peculiarities of Earth degasation can be traced on global level and are connected with rhythms or cycles, related to space and endogenic factors.

These are cycles of more less duration. For example, rhythmicity of hydrocarbons emission. An important applied problem is definition of patterns for hydrocarbons migration and other fluids, connected with patterns of hydrocarbons deposits formation and oil and gas production and also ecological problems dealing with hydrocarbons coming to surface of land and sea.

Rhythmicity of hydrocarbon degasation of high order defined for South Caspian basin is the result of recent geodynamics which can be characterized by lava rates of sedimentation contrast regime and high rates of vertical and horizontal movements.

Неравномерность дегазации Земли – фундаментальная закономерность ее эволюции отражающаяся в тектонических и седиментационных циклах, колебании уровня мирового океана, накоплении полезных ископаемых и других факторах. Эти особенности дегазации Земли прослеживаются на глобальном уровне, связаны с ритмами или циклами, увязывающимися с космическими и эндогенными факторами. Продолжительность таких циклов миллионы, сотни и десятки тысяч лет.

Существуют, однако, и циклы гораздо меньшей продолжительности, фиксируемые в реальном масштабе времени. Одним из наиболее интересных и важных как в фундаментальном, так и в прикладном аспектах проблем является ритмичность выделения углеводородов. Эта научная проблема имеет важное значение, например, в понимании эволюции атмосферы, океана и климата (парниковый эффект). Важной прикладной задачей является выявление закономерностей миграции углеводородов и других флюидов, связанная с закономерностями формирования месторождений углеводородов и добычей нефти и газа, а также экологические проблемы, связанные с поступлением углеводородов на поверхность суши и моря.

Неравномерность углеводородной дегазации наиболее наглядно проявляется в периодичности извержений и деятельности грязевых вулканов, сопровождающихся выделением сотен миллионов кубометров метана, а также нефти и подземных вод. Периодичность извержений прослеженная по достаточно представительному промежутку времени показывает на устойчивую зависимость от солнечной активности, колебании Каспийского моря и сейсмичности.

Важное значение для добычи углеводородов и экологии имеет ритмичность более высокого порядка. На космических снимках поверхности Каспийского и других морей и океанов отчетливо видны периоды поступления огромных масс углеводородов, фиксируемые по пленкам углеводородов и изменению прозрачности воды. Эти резкие катаклизмы связывается с солнечной активностью и усилением сейсмической напряженности. Самоочищение водной толщи Каспийского моря привело к исчезновению пленки углеводородов уже через несколько месяцев. На

резкий выброс углеводородов, повлекшую массовую гибель в Среднем Каспии указывают и другие факторы. Поступление углеводородов в толщу Каспийского моря всегда рассматривалось как важнейший фактор биопродуктивности бассейна.

Космический мониторинг поверхности суши и моря, особенно грязевых вулканов, позволяет выявить особенности углеводородной дегазации Южно-Каспийского бассейна происходящие в реальном масштабе времени. Отчетливо фиксируются новые извержения, фиксируемые по цвету излившейся брекчии.

Ритмичность углеводородной дегазации высокого порядка установленная для Южно-Каспийского бассейна, возможно, следствие его значительной современной геодинамики которая характеризуется лавинными скоростями осадконакопления, контрастным режимом и высокими скоростями вертикальных и горизонтальных движений.

Изучение современной флюидодинамики – важнейшая фундаментальная и прикладная проблема реализация которой связана с организацией системы геофизического и геохимического мониторинга.

МОДЕЛИ ОРИЕНТАЦИОННОГО РАЗУПОРЯДОЧЕНИЯ МОЛЕКУЛ ВОДЫ В СТРУКТУРАХ ГАЗОВЫХ ГИДРАТОВ

А.В. Дзябченко

Физико-химический институт им. Л.Я. Карпова, 105064 Москва, Воронцово поле, 10

The static and dynamic models of proton disorder in crystalline methane are compared on the basis of lattice energy calculations with empirical atom-atom potentials. The energy minimizations started with randomly selected orientations of water molecules demonstrate self-ordering of protons in accord with 'ice rules' of Bernal and Fowler. Small but significant distortions from cubic symmetry in the ordered models explain the presence of some excessive volume in the experimentally observed structures.

Газовые гидраты (ГГ) являются одной из форм, в которой огромные запасы природного газа присутствуют в недрах Земли и в акваториях Мирового океана. ГГ представляют собой супрамолекулярные соединения включения или клатраты, содержащие водородно-связанный каркас из молекул воды, в полостях которого относительно свободно помещаются молекулы газа [1]. С познавательной точки зрения, интерес к ГГ, помимо прочего, связан с гипотезой о происхождении жизни на нашей планете [2]. Современные представления о фундаментальной природе ГГ базируются на экспериментальных структурных исследованиях атомно-молекулярного и кристаллического строения ГГ. Для численного описания равновесной структуры и прогнозирования термодинамических свойств ГГ в интервале температур и давлений применяются расчеты методом динамики решетки в квазигармоническом приближении [3] и молекулярно-динамические расчеты [4]. И в том и другом случае главным условием успешного расчета является наличие адекватного потенциала межмолекулярного взаимодействия (силового поля молекул) для вычисления потенциальной энергии системы. На сегодняшний день описание таких сложных систем как газовые гидраты, содержащих десятки и сотни молекул в элементарной ячейке, возможно только в рамках

упрощенного попарно-аддитивного атом-атомного приближения для межмолекулярного потенциала. В отношении воды в литературе имеется ряд эмпирических потенциалов, апробированных в расчетах термодинамических свойств кристаллических и аморфных модификаций льда, а также жидкой воды [5, 6]. Они включают потенциал Леннарда-Джонса, описывающий ван-дер-ваальсово взаимодействие атомов, а также точечные заряды, ответственные за электростатическое взаимодействие полярных молекул.

Расчет равновесной структуры кристалла путем минимизации потенциальной энергии является простым и в то же время весьма действенным способом проверки качества эмпирических потенциалов. Потенциальная энергия не зависит от агрегатного состояния системы, поэтому, если модель потенциалов хорошо воспроизводит наблюдаемую структуру и основные свойства кристалла (плотность, теплота сублимации, модули упругости), то эта модель, скорее всего, пригодна и для описания системы в аморфном или жидком состоянии. Экспериментально наблюдаемые структуры газогидратов I, II и H отличаются высокой симметрией (группы $Pn3m$, $Fd3m$ и $P6/mmm$), которая, вообще говоря, не характерна для молекулярных веществ в целом. Согласно данным рассеяния нейтронов, каждый атом кислорода молекулы воды в этих структурах окружен по тетраэдру четырьмя протонами с заселенностью $1/2$ на расстоянии нормальной длины ковалентной связи О-Н в направлении ближайших атомов кислорода молекулярного окружения. В результате каждая водородная связь в наблюдаемой структуре гидрата содержит *две* позиции протона на расстоянии всего $0,8 \text{ \AA}$ друг от друга на линии О...О. Между тем из энергетических соображений понятно, что два протона не могут *постоянно* пребывать рядом друг с другом на столь близком расстоянии и что наблюдаемая картина является результатом статистического усреднения пространственно неупорядоченной структуры гидрата. Согласно «правилам льда», сформулированных Берналом и Фаулером [7] для структуры гексагонального льда и предположенной для жидкой воды, тетраэдрическое окружение кислорода в воде и гексагональной модификации льда состоит только из двух «своих» протонов и двух протонов молекул ближайшего окружения. Существуют разные модели статистического усреднения протонных позиций в газовых гидратах. Одна из них – *динамическая* – предполагает мгновенные изменения конфигурации протонов в результате реориентаций молекул или даже отрыва протона от одного атома кислорода и его миграции к соседнему атому кислорода через потенциальный барьер. Однако эта модель не может объяснить сохраняющееся разупорядочение при замораживании клатрата до температуры жидкого гелия, наблюдаемое экспериментально. Напротив, *статическая* модель предполагает наличие микродоменов, в пределах которых протонная структура полностью упорядочена, но реализована иным способом по сравнению с другими доменами. То есть, здесь задействованы альтернативные способы упаковки молекул с измененной ориентацией молекул, но с сохранением геометрии каркаса атомов кислорода. Условием такой модели является отсутствие деформации кристаллической решетки, которая должна оставаться строго кубической в структурах I и II или гексагональной в структуре H. Таким образом, статическая модель реализует принцип статистического *усреднения по ансамблю* молекул, в отличие от динамической модели, где имеет место механизм *усреднения по времени*. Можно назвать еще и возможность сверхструктурного описания с кратно увеличенной суперъячейкой, в рамках которого все ориентации

молекул и полностью упорядочены, но в проекции на основную ячейку такое описание дает наблюдаемую модель с разупорядочением.

Для проверки гипотезы структурного разупорядочения молекул воды в рамках статической модели мы провели вычисления потенциальной энергии кристаллического метангидрата со структурой типа I. Для молекул воды в целях сравнения использовались модели эмпирических атом-атомных потенциалов из разных источников, в том числе взятые из литературы (TIP4P [5] и Полтева и Маленкова [6]), а также модель потенциалов, разработанная недавно автором данного сообщения по результатам аналитической аппроксимации квантовохимического электростатического потенциала молекулы [8]. Для расчета энергии взаимодействия молекулы метана со своим окружением использовались потенциалы Момани и соавторов. [9]. Минимизация потенциальной энергии выполнялись по программе РМС [10, 11]. Для сравнения разнообразных ориентационных структур и характеристики их симметрии использовалась программа CRYCOM [12].

Исходные константы решетки и координаты атомов кислорода были взяты из эксперимента [1]. Молекулы рассматривались как жесткое целое. Сначала исходные ориентации 46 молекул воды и 8 молекул метана задавались случайным образом и затем оптимизировались; при этом координаты атомов кислорода, а также константы решетки были фиксированы. В результате этой процедуры мы получали только такие конфигурации, где ковалентные связи О-Н ориентированы в направлении водородных связей с соседними кислородами – в полном соответствии с правилами Бернала и Фаулера [7].

Дальнейшая оптимизация структуры проводилась при освобожденных параметрах решетки и всех 52×6 параметров жесткого тела молекул хозяина и гостя. На этом этапе структуры не претерпевали существенных изменений, за исключением того, что в геометрии решетки появлялись небольшие, но существенные отклонения от исходной кубической симметрии. В окончательном минимуме решетка не имела никакой симметрии, кроме трансляционной. Разные стартовые конфигурации приводили к минимумам с близкими значениями энергии. При небольших отклонениях стартовых ориентаций молекул ($30\text{--}45^\circ$) от положения минимума равновесие после оптимизации возвращалось в прежний минимум. Переход из одного минимума в другой через относительно низкий потенциальный барьер требовал кооперативного вращения молекул, в результате которого связи О-Н согласованно переключались с одного направления кислород – кислород на другое.

Удаление молекул метана из полостей хозяина не приводило к потере локальной устойчивости структуры водного мотива, оптимальная структура которого по сравнению с клатратом при этом менялась незначительно. Интересно, что расчет выявил некоторое превышение плотности оптимальной структуры метангидрата по сравнению с структурой гексагонального льда (в протоноупорядоченной модели Бернала и Фаулера [7], оптимизированной нами по той же методике, что и для клатрата). Между тем экспериментальные данные свидетельствуют об обратном соотношении плотностей. Наши попытки привести расчет в соответствие с экспериментом путем некоторой вариации параметров потенциала взаимодействия метана с водой успеха не имели. В связи с этим мы полагаем, что имеет место определенный дефицит плотности в экспериментальной структуре клатрата. В рамках модели статического разупорядочения это можно объяснить рыхлостью упаковки молекул в областях междоменных границ, которая сама по

себе является следствием несовершенства кубической симметрии решетки доменов, затрудняющей их стыковку друг с другом.

Финансирование работы осуществлялось в рамках проекта РФФИ 08-03-00993.

Литература

1. *Sloan E.D., Jr., Koh C.A.* Clathrate Hydrates of Natural Gases. 3rd ed.; Taylor & Francis–CRC Press: Boca Raton, FL, 2007.
2. *Kadyshevich E.A., Ostrovskii V.E.* // J. Therm. Anal. Calorim. 2009. V. 95. P. 571–578.
3. *Инербаев Т.М., Субботин О.С., Белослудов В.Р., Белослудов Р.В., Кавазое Е., Кудю Д.-И.* // Росс. Хим. Ж. 2003. № 47. С. 19–27.
4. *Alavi S., Ripmeester J.A.* // J. Chem. Phys. 2010. V. 132. 144703.
5. *Jorgensen W.L., Chandrasekhar J., Madura J.D., Impey R.W., Klein M.L.* // J. Chem. Phys. 1983. V. 79. P. 926–935.
6. *Poltev V.I., Grokhлина T.I., Malenkov G.G.* // Biomol. Struct. Dyn. 1984. V. 2. P. 413–429.
7. *Bernal J.D., Fauler R.H.* // J. Chem. Phys. 1933. P. 515–548.
8. *Дзябченко А.В.* Ж. физической химии. 2008. № 82. С. 875–884.
9. *Motanu E.A., Carruthers R.M., McGuire R.F., Scheraga H.A.* // J. Phys. Chem. 1974. V. 78. P. 1595–1620.
10. *Дзябченко А.В.* // Ж. физической химии. 2008. № 82. С. 1861–1870.
11. *Dzyabchenko A.V.* РМС, Version 2005. М.: Karpov Institute of Physical Chemistry, 2006.
12. *Dzyabchenko A.V.* // Acta Crystallogr. 1994. B50. P. 414–425.

ВУЛКАНОГЕННЫЕ ЛОВУШКИ ГАЗА КАК СВИДЕТЕЛЬСТВО ГЛУБИННОЙ ДЕГАЗАЦИИ ЗЕМЛИ

А.Н. Дмитриевский, М.П. Юрова, Н.Н. Томилова

Институт проблем нефти и газа РАН, 119333 Москва, ул. Губкина, 3

Вулканогенные постройки Хапчгайского мегавала Вилульской синеклизы и связанные с ними залежи газа подтверждение глубинной дегазации Земли в перм-триасовое время.

VOLCANIC GAS TRAPS AS AN EVIDENCE OF DEPTH DEGASATION OF THE EARTH

A.N. Dmitrievsky, N.N. Tomilova, M.P. Yurova

Oil & Gas Research Institute of RAS, Russia, Moscow

Volcanic deposits of Khapchagaiskiy mega shaft of Viluiskaya synecise and related gas deposits are the confirmation of depth degasation of the Earth in the Permian-Triassic time.

Известно, что с раннетриасовым временем связана крупная перестройка Палеовилуйского прогиба произошло обновление глубинных разломов, по которым протекал магматический расплав, проявившийся в виде траппового вулканизма. Для Сибирской трапповой формации очевидна теснейшая связь лавовых излияний с интрузиями и туфовых выбросов с вулканогенными трубками (Лурье,

Обручев, 1955). Эти исследователи подчеркивали роль извержений, подобных тем, которые сопровождали образование взрывных кратеров в процессе накопления туфогенной толщи на Сибирской платформе: «основное количество туфов и туфобрекчий образовалось, несомненно, в результате деятельности огромного количества небольших по размерам туфовых вулканов, из которых многие действовали короткое время - дни или даже часы. Другим распространенным типом вулканических аппаратов были трубки взрыва с небольшими валами вокруг них. Все эти вулканические аппараты были эродированы нацело еще в мезозое.

Резкое изменение обстановки осадконакопления в раннетриасовое время явилось одной из причин прекращения накопления угленосной формации и образования вулканогенно-терригенной толщи. Неджелинская свита залегает в ее основании. В пермско-триасовом нефтегазоносном комплексе Вилуйской синеклизы неджелинская свита играет роль регионального флюидоупора для пермских залежей. В пределах Хапчагайского мегавала она вмещает залежи с аномально высоким пластовым давлением.

Свита сложена эффузивными, вулканокластическими и вулканоосадочными породами. Общая мощность неджелинской свиты-флюидоупора в пределах Вилуйской синеклизы изменяется с запада на восток: Средне-Вилуйская площадь – 80–115 м, Мастахская – 50–80 м, Неджелинская – 60–90 м, Толонская – 80–90 м, на Бараканской площади мощность толщи сокращается до 30 м, на Хайлахской – 64 м, Средний Тюннг – 80 м. В границах неджелинской свиты (граница свиты установлена ранее по данным палеонтологического, минералогического, элементного анализа пород, наконец, визуально по цвету и петрографическим особенностям пород) выделены три репера, три горизонта синхронных отложений, залегающих в основании, середине и кровле свиты. Это продукты вулканической деятельности, пользующиеся повсеместным площадным распространением на Хапчагайском мегавале: нижний пепловый горизонт сидеритизированных туфитов, средний – диабазовый и верхний – палагонитовых туфов.

Приняв первый горизонт за нулевую отметку, мы построили палео-тектонический профиль и карту мощностей первой снизу пачки. Анализ построений свидетельствует о том, что в период формирования осадков I пачки (пород-флюидоупоров – туфоалевритов и туфоаргиллитов) территория Соболахской и Неджелинской площадей находилась гипсометрически выше Толон-Мастахской на 20–30 м. В пределах Неджелинской площади положительные формы рельефа за время формирования отложений I пачки намечаются в направлении с востока на запад.

В период формирования осадков, слагающих II пачку (пород-коллекторов), произошло излияние лавы, покров отмечен на Неджелинской площади, к юго-востоку на площади Южная-Неджели мощность покрова возрастает вдвое, достигает 30–40 м, Покров здесь залегает непосредственно над метаморфизованными углями верхнепермского возраста. Так как верхний горизонт покрова несет ясные следы наземного выветривания, границы эффузивного покрова можно условно принять за границы вулканического острова. В скв. 25 Неджелинской площади выделена 8-метровая зона выветривания, лежащая над диабазами: толща синих пластичных глин залегает на неизмененных породах, мощность последних – 40 см. Вне пределов распространения эффузивов в син-хронных отложениях отмечается переслаивание аквагенных туфов (гиалокластитов) с ту-

фоаргиллитами. В кровле замещающих эффузивы осадков залегает 2,5-метровый пласт

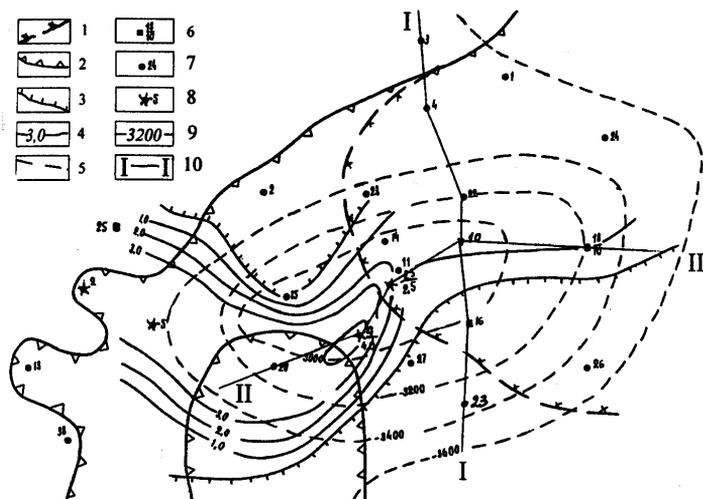


Рис. Схема распространения палеосейсмической трещиноватости (ПСТ) в пределах Неджелинской площади. Сост. М.П. Юрова, Н.Н. Томилова, 1989.

1 – граница палеовулкана на конец формирования 2-ой пачки неджелинской свиты, 2 – современные границы распространения эффузивных пород, 3 – границы распространения ПСТ, 4 – изопахиты ПСТ, 5 – изогипсы отражающего сейсмического горизонта, 6 – в числителе – номер скважины с ПСТ, в знаменателе – толщина ПСТ, 7 – разведочные скважины, 8 – скважины, в которых подсечены палеовулканы, 9 – изогипсы кровли неджелинской свиты, 10 – линии профилей

водорослевых известняков. Он распространен на всей территории Хапчагайского мегавала. Анализ мощностей горизонта покровных эффузивов показывает, что наибольшие мощности отмечаются над положительными формами рельефа. Границы вулканического тела – острова – не оставались постоянными.

Анализ IV пачки, сложенной преимущественно продуктами эксплозий, показывает, что увеличение мощностей происходит в районе Соболахской площади. В скв. 13 отмечается 20-метровая толща шлаковых туфов околожерловой фации. Источник вулканогенного материала располагался на Соболахской площади. Наибольшие мощности IV пачки фиксируются в плане вновь посередине зоны распределения ПСТ и вновь над ранее выявленными положительными верхнепермскими формами рельефа. Однако во времени центры эксплозий и излияний сдвинулись с востока на запад (рис.).

Интересен тот факт, что эти центры совпадают в плане с зоной развития наибольших мощностей 3-го горизонта ПСТ, приуроченного к средней части и кровле Неджелинской свиты; зоны выклинивания ПСТ также совпадают с границами вулканического тела – острова на время завершения формирования отложений неджелинской свиты.

Следует сказать, что палеоструктурный план подошвы и кровли вулканического тела полностью не совпадает с современным структурным планом подош-

вы и кровли неджелинского резервуара. Это отчетливо подчеркнуто местоположением эффузивного покрова в разрезе структуры.

Результаты обработки комплекса геофизических методов, тщательно увязанные с литологическими данными и опробованием, подтвердили наличие трещинных и трещинно-поровых коллекторов в разрезе изучаемых отложений. Наличие трещинных коллекторов в вулканогенных отложениях обусловлено как вторичными (карбонатизация, глинизация, цеолитизация) преобразованиями самих пород, так и трещиноватостью вулканической природы, отмеченной в этих отложениях ранее (Микуленко и др., 1975). Горизонты вулканической трещиноватости были прослежены на Хапчагайском мегавале в пермо-нижнетриасовых отложениях. Природа этих трещиноватых горизонтов является вулканической, т.к. они приурочены в плане к зонам распространения палеовулканов, выявленных на Хапчагайском мегавале в раннеиндское (неджелинская свита Соболах-Неджелинского месторождения) и оленекское (мономская свита Средне-Вилуйского и Толонского месторождения) время. Наличие вулканических тел и связанная с ними трещиноватость позволили по-новому представить строение природных резервуаров и приуроченных к ним залежей углеводородов. Наличие трещиноватости объяснило значительные притоки газа из плотных коллекторов. Гидрогеологические, промыслово-геологические, геофизические и литологические данные свидетельствуют о наличии массивных залежей газа в неджелинской (Соболах-Неджелинское месторождение) и мономской (Средне-Вилуйское месторождение) свитах нижнетриасового возраста. Обе залежи включают подстилающие отложения пермских (P_2) на Соболах-Неджелинской площади и таганджинских (пласт T_1III) на Средне-Вилуйской площади пород. Природные резервуары, сложенные вулканогенными породами, хотя и выявлены в разновозрастных свитах (неджелинской и мономской), имеют много общего. Они сложены вулканокластическими образованиями островного типа, приурочены к куполообразным складкам, к которым примыкают рукавообразные пластовые тела водной фации вулканитов. Горизонты вулканической трещиноватости в плане совпадают с положением разновозрастных палеовулканов на Соболах-Неджелинской и Средне-Вилуйской площадях.

Таким образом, можно еще раз отметить, что трещиноватость пермо-нижнетриасовых отложений Хапчагайского мегавала связана с наличием вулканогенных образований, обусловленных неоднократной вулканической деятельностью в нижнетриасовую эпоху.

Вулканические тела-ловушки приурочены к вертикальным разломным зонам или оперяющим их трещинам и имеют вертикальную связь с более древними отложениями, по которым происходило и, возможно, происходит и теперь заполнение их газом. Об этом свидетельствует низкая газонасыщенность залежей [1].

Литература

1. Дмитриевский А.Н., Томилова Н.Н., Юрова М.П., Рудов А.А. Вулканогенные природные резервуары Якутии. М.: ГЕОС, 2002. 80 с.

ОЦЕНКА СЕЙСМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ДИНАМИКУ ГРИФОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ГРЯЗЕВЫХ ВУЛКАНОВ

А.В. Доманский, В.В. Ершов

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, 693002 г. Южно-Сахалинск, ул. Науки, 1Б

The paper is considered mathematical model, describing influence of the plane longitudinal monochromatic seismic wave on supplying channel mud volcano. The model allows in the first approximations to explain observed after strong earthquakes significant increase the debit and change the chemical gas composition, expiring from gryphons mud volcano.

Грязевой вулканизм представляет собой достаточно широко распространенное геологическое явление, которое обусловлено непрерывными процессами дефлюидизации Земли, протекающими в разломных зонах земной коры. Соответственно, многие районы проявления грязевого вулканизма приурочены к сейсмически активным регионам. Поэтому при изучении грязевого вулканизма традиционно большое внимание уделяется анализу связи между различными параметрами грязевулканической деятельности и сейсмичностью в регионе. Одной из фундаментальных задач геофизики является теоретическое и экспериментальное исследование возможных взаимосвязей между флюидодинамическими и сейсмическими процессами в земной коре.

Мониторинговые наблюдения, выполненные нами на Южно-Сахалинском грязевом вулкане, впервые позволили инструментально установить проявления сильных сейсмических событий на юге о. Сахалин в деятельности вулкана. В частности, после землетрясений происходило увеличение в 3–5 раз дебита свободных газов в грифонах, а также изменение состава свободных газов – увеличение в 1,5–2 раза отношения содержания метана к содержанию углекислого газа (Ершов и др., 2008; Шакиров, Ершов, 2009).

За достаточно длительный период изучения грязевого вулканизма (около 150 лет) относительно хорошо исследованы геологические аспекты этого явления, строение и морфология грязевых вулканов. Однако многие проблемы математического описания грязевулканических процессов, несмотря на достигнутые в последнее время определенные успехи (Каракин, 2000; Murton, Biggs, 2003; Доманский, Ершов, 2008; Доманский и др., 2009; Zoporowski, Miller, 2009), остаются нерешенными. Так, например, практически отсутствуют модели описывающие влияние сильных землетрясений на деятельность грязевых вулканов. Отметим, что адекватное математическое описание грязевулканической деятельности необходимо для более глубокого понимания физических процессов, лежащих в основе грязевого вулканизма, и корректной интерпретации эмпирических данных.

Целью данной работы является разработка математической модели, описывающей сейсмическое воздействие на динамику грязевулканических процессов. Отметим, что из-за сложности рассматриваемой проблемы и отсутствия необходимых экспериментальных данных при решении поставленной задачи нами в основном рассматриваются квазистационарные приближения. Соответственно, получаемые нами модельные оценки можно считать верными только по порядку величины.

Ранее нами на основе нестационарных уравнений одно- и двухфазной фильтрации несмешивающихся жидкостей разработана математическая модель под-

готовки извержений грязевых вулканов (Доманский, Ершов, 2008; Доманский и др., 2009). Согласно этой модели одна жидкость (газ) вытесняет другую (водогрязевую смесь) в трещиновато-пористой среде, которой является подводный канал грязевого вулкана. Показано, что имеется существенно неполное вытеснение газом водогрязевой смеси в подводном канале, то есть в движении водогрязевой смеси в канале участвует только небольшая часть ее объема (около 20 %). Поскольку в модели считается, что жидкости являются несмешивающимися, то частичное растворение газа в водогрязевой смеси не учитывается. Однако с учетом последнего можно объяснить изменения в грифонной деятельности грязевых вулканов, которые наблюдаются после сильных землетрясений.

При моделировании в первом приближении считалось, что очаг удаленного землетрясения является источником монохроматической сейсмической волны, волновой фронт которой при воздействии на грязевулканическую структуру можно считать плоским. Считалось также, что волновой фронт сейсмической волны параллелен прямолинейной границе разлома, который является подводным каналом грязевого вулкана. Расчет механического воздействия плоской сейсмической волны выполнен на основе известных точных решений уравнений волновой динамики и гидродинамики. При моделировании использовались эмпирические соотношения между энергией землетрясения, длиной вспарывания в очаге и магнитудой землетрясения (Штейнберг и др., 1993; Поплавская и др., 2006), а также эмпирические соотношения, связывающие изменение напряжений с проницаемостью подводного канала вулкана (Николаевский и др., 1970).

В рамках предлагаемой модели получено соотношение, связывающее амплитуду давления на фронте волны с параметрами землетрясения – магнитудой и расстоянием до гипоцентра. В результате сейсмического воздействия от достаточно сильного и далекого землетрясения создаются дополнительные напряжения на скелет трещиновато-пористой среды, которые влияют на фильтрационные процессы и растворимость газов в подводном канале грязевого вулкана. Поскольку общее содержание метана и диоксида углерода составляет 97–98 % от всего объема свободных газов (Шакиров, Ершов, 2009), то при моделировании рассматривалась бинарная газовую смесь, состоящая только из этих компонентов. В работе получен набор кривых, которыми аппроксимированы экспериментальные данные по растворимости в воде диоксида углерода и метана при различных температурах и давлениях, изложенные в работе (Намиот, 1991). Аналитические зависимости для этих кривых представляют собой полиномы второй и третьей степени. С их помощью получено приближенное распределение по глубине содержания растворенных газов в подводном канале вулкана. В первом приближении считалось, что растворение газа происходит в чистой воде, то есть возможные эффекты высаливания и всаливания нами не рассматривались. Давление газа в подводном канале на какой-либо глубине считалось равным гидростатическому давлению столба водогрязевой смеси на этой же глубине. Температура газа в подводном канале на какой-либо глубине считалась равной температуре вмещающих пород на этой же глубине.

Эффекты от воздействия сейсмической волны, которые происходят в фазах сжатия и растяжения, рассматривались нами отдельно. В фазе сжатия происходит увеличение давления, что приводит к уменьшению порового пространства в подводном канале, уменьшению его проницаемости и выделению из грифонов дополнительного объема водогрязевой смеси. Рассматривая подводный канал

вулкана как набор капиллярных трубок, течение в которых подчиняется закону Пуазейля, сделана оценка величины изменения расхода водогрязевой смеси для фазы сжатия. Пропорционально изменению расхода водогрязевой смеси изменяется расход газов, растворенных в ней и выделяющихся при подъеме на земную поверхность. В фазе растяжения происходит уменьшение давления, что приводит к выделению растворенных газов из водогрязевой смеси. Для этого случая сделана оценка количества газа, переходящего в свободное состояние. Средняя скорость подъема образовавшихся пузырьков газа в подводящем канале вулкана оценивалась по формуле Стокса с поправкой на учет влияния стенок трещиновато-пористого пространства, в котором и происходит движение пузырьков (Уоллис, 1972).

Согласно выполненным расчетам, сейсмическое воздействие от землетрясения приводит к увеличению дебита свободных газов в 10–15 раз, а отношение содержания метана к содержанию углекислого газа в составе свободных газов увеличивается примерно в 1,4 раза.

Таким образом, несмотря на ряд существенных упрощений, сделанных при постановке и решении задачи, предлагаемая нами модель показывает принципиальную возможность изменения дебита и состава свободных газов в грифонах грязевых вулканов после землетрясения. Полученные нами модельные оценки согласуются с натурными данными по порядку величины, то есть модель позволяет объяснить в целом изменения в деятельности грязевых вулканов, которые наблюдаются при землетрясениях.

Литература

1. Доманский А.В., Еришов В.В. Математическое моделирование динамики геофлюидов в грязевулканических процессах (на примере грязевых вулканов Сахалина) // Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть, газ и их парагенезы. Материалы Всероссийской конференции, Москва, 22-25 апреля 2008 г. М.: ГЕОС, 2008. С. 157–159.
2. Доманский А.В., Еришов В.В., Левин Б.В. Математическая модель неустановившихся течений геофлюидов при грязевулканических процессах // ДАН. 2009. Т. 424, № 1. С. 107–110.
3. Еришов В.В., Левин Б.В., Мельников О.А., Доманский А.В. Проявления Невельского и Горнозаводского землетрясений 2006–2007 гг. в динамике грифонной деятельности Южно-Сахалинского газодолитокластитового (грязевого) вулкана // ДАН. 2008. Т. 423, № 4. С. 533–537.
4. Каракин А.В., Каракин С.А. Флюидодинамическая модель грязевого вулканизма внутриконтинентального типа // ДАН. 2000. Т. 374, № 5. С. 684–687.
5. Намиот А.Ю. Растворимость газов в воде. М.: Недра, 1991. 167 с.
6. Николаевский В.Н., Басниев К.С., Горбунов А.Т., Зотов Г.А. Механика насыщенных пористых сред. М.: Недра, 1970. 339 с.
7. Поплавская Л.Н., Иващенко А.И., Оскорбин Л.С. и др. Региональный каталог землетрясений острова Сахалин, 1905-2005. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2006. 104 с.
8. Уоллис Г. Одномерные двухфазные течения. М.: Мир, 1972. 442 с.
9. Шакиров Р.Б., Еришов В.В. Изменчивость газогеохимических параметров грязевых вулканов о. Сахалин // Природные катастрофы: изучение, мониторинг, прогноз: Сборник материалов III Сахалинской молодежной школы, Южно-Сахалинск, 3–6 июня 2008 г. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2009. С. 81–91.
10. Штейнберг В.В., Сакс М.В., Антикаев Ф.Ф. и др. Методы оценки сейсмических воздействий // Вопросы инженерной сейсмологии. Вып. 34: Задание сейсмических воздействий. М.: Наука, 1993. С. 5–94.

11. *Murton B.J., Biggs J.* Numerical modelling of mud volcanoes and their flows using constraints from the Gulf of Cadiz // *Marine Geology*. 2003. Vol. 195. P. 223–236.

12. *Zoprowski A., Miller S.A.* Modelling eruption cycles and decay of mud volcanoes // *Marine and Petroleum Geology*. 2009. Vol. 26. P. 1879–1887.

ПОКАЗАТЕЛЬ НЕЧЁТНОСТИ КАК ПРИЗНАК ДЕГАЗАЦИИ УГЛЕВОДОРОДНЫХ СКОПЛЕНИЙ

С.В. Дыхан, Г.В. Степанов

ФГУП «СНИИГТиМС», Новосибирск

By results of researches of structure of gases in superficial deposits, it is established that a parity between even and odd number of atoms of carbon variously. According to Kendal tests in which given parity close to a parity of gases in oil deposits come to light

В основу, предлагаемого критерия нефтегазоносности, положено известное отличие в соотношениях между нормальными алканами $n-C_nH_{2n+2}$, содержащимися в осадках не подверженных катагенетическим преобразованиям и нормальными алканами в осадках, где шли катагенетические превращения. При этом только отложения, которые подвергались соответствующим преобразованиям, могут быть источниками залежей углеводородов.

Установлено, что [1, 5], характерной особенностью нормальных алканов, находящихся в осадках, где не было процесса катагенеза, является то, что нормальные алканы с нечётным числом атомов углерода преобладают над соседними с чётным числом атомов углерода. В скоплениях углеводородов такое соотношение сглаживается и приближается к монотонно убывающему распределению от увеличения числа атомов углерода.

По данным многих исследователей [2, 3 и др.], а также по результатам полевых работ, приведённым ниже, аналогичные закономерности имеют место и для нормальных алканов ряда C_2-C_6 , сорбированных подпочвенными отложениями.

За период 2006–2009 гг. в СНИИГТиМСе была проведена газогеохимическая съёмка по десяти участкам на различных площадях Сибирской платформы с отбором проб из подпочвенных отложений и последующей термовакуумной дегазацией. Статистический анализ полученных газов графически отображен на рис. 1. Откуда видно, что среднее содержание нормальных алканов на участке соответствует представлению о фоновом распределении между компонентами с чётным и нечётным количеством атомов углерода. При сравнении концентраций той же последовательности углеводородов отдельно, в каждой пробе выявляется, что в подавляющем числе случаев распределении между компонентами имеет два вида: с преобладанием нечётных алканов (рис. 2 а) или близкое к убывающему (рис. 2 б). Для иллюстрации на рис. 2 приведены фрагменты полученных зависимостей концентраций нормальных алканов от числа атомов углерода в пробах, из числа отобранных на Желдонской площади, ранжированные по статистике Кендала.

Предельные углеводороды C_2-C_6 составляют основную часть гомологов метана газовой фазы нефти в нормальных условиях и обладают большей миграционной способностью, чем более тяжёлые жидкие углеводороды. Далее, простей-

шие УВ метанового ряда C₁–C₆ являются химически инертными соединениями. Поэтому газообразные и парообразные углеводороды, мигрируя вверх, сорбируются в подпочвенных отложениях, сохраняя в основном те же соотношения между собой, в каких они находились изначально. Это вытекает из эмпирически установленного положения, что процесс струйной миграции (эффузии) углеводородов по системе микротрещин и каналов доминирует над процессами фильтрации и диффузии, при которых компонентный состав, может существенно, изменяться. Следовательно, суммарный вклад в соотношение концентрации отдельных компонент будет определяться главным образом процессами миграции, если количественно эти потоки будут существенно превосходить сингенетичную составляющую геохимического поля.

Доказательством эпигенетической природы углеводородных газов является отсутствие корреляционных связей их содержаний с органическим углеродом пород. Для газов, сорбированных подпочвенными отложениями, в частности на Желдонской площади, такая корреляция отсутствует.

Таблица 1.

Парные коэффициенты корреляции углеводородных газов и Сорг.

	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	nC ₄ H ₁₀	nC ₅ H ₁₂	C ₆ H ₁₄	C ₇ H ₁₆
CH₄	1.00						
C₂H₆	0.19	1.00					
C₃H₈	0.19	0.64	1.00				
nC₄H₁₀	0.12	0.69	0.80	1.00			
nC₅H₁₂	0.05	0.55	0.65	0.90	1.00		
C₆H₁₄	0.08	0.56	0.55	0.68	0.59	1.00	
C₇H₁₆	0.03	0.35	0.44	0.35	0.29	0.42	1.00
C_{орг}	0.18	0.03	0.03	-0.04	-0.08	0.01	-0.14

Таким образом, изложенные выше эмпирические положения и фактический материал натуральных наблюдений составляют основу принятой модели газогеохимического поля УВ в подпочвенных отложениях.

Для количественной оценки показателя нечётности из всех нормальных алканов входящих в состав фиксируемого геохимического поля используются газообразные C_nH_{2n+2}, n = 2, ..., 4 и парообразные C_nH_{2n+2}, n = 5, 6. Ранее используемый показатель нечётности имеет существенные недостатки. Он определялся как отношение суммы нечётных нормальных алканов к сумме чётных. Такое выражение не нормированное, что неудобно при сравнении разных проб, и слабо устойчиво к большим отклонениям отдельных слагаемых.

В данной работе численное значение оценки соотношения предлагается получать с помощью модифицированной статистики Кендала, которая для последовательности из пяти членов имеет вид:

$$K = \frac{1}{4} \sum_{i=2}^5 \frac{1}{(6-i)} \sum_{j=i}^6 \text{sign}(c_i - c_j)$$

где c_i – концентрация C_iH_{2i+2}, i = 2, ..., 6 в одной пробе.

Статистика Кендала является коэффициентом ранговой корреляции и следовательно, нормирована. Значение коэффициента изменяется от 1 до -1. Если ве-

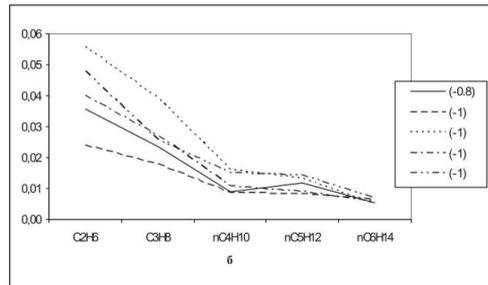
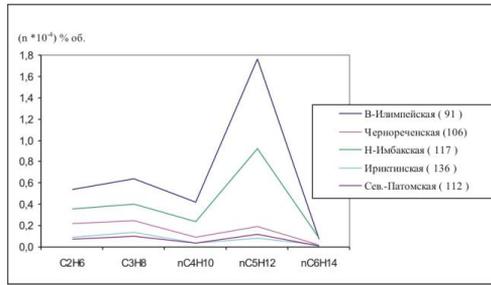
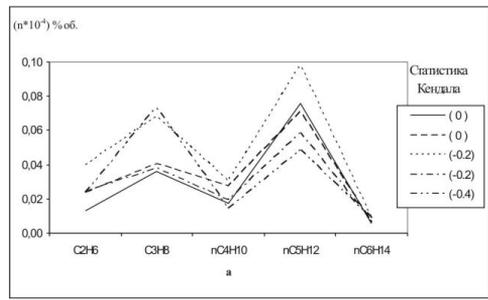
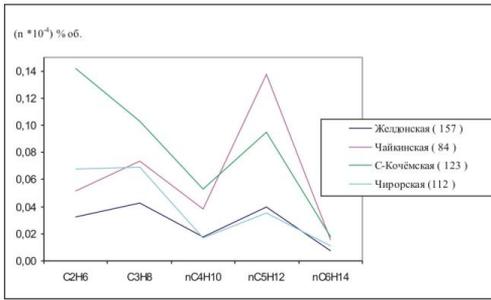


Рис. 1. Средние значения концентраций нормальных алканов в пробах подпочвенных отложений по отдельным площадям газогеохимической съёмки. В скобках указано количество проб.

Рис. 2. Фрагменты зависимостей концентраций нормальных алканов от количества атомов углерода в пробах, из числа отобранных на Желдонской площадке, ранжированные по статистике Кендала. В скобках указано значение коэффициента Кендала для соответствующей зависимости.

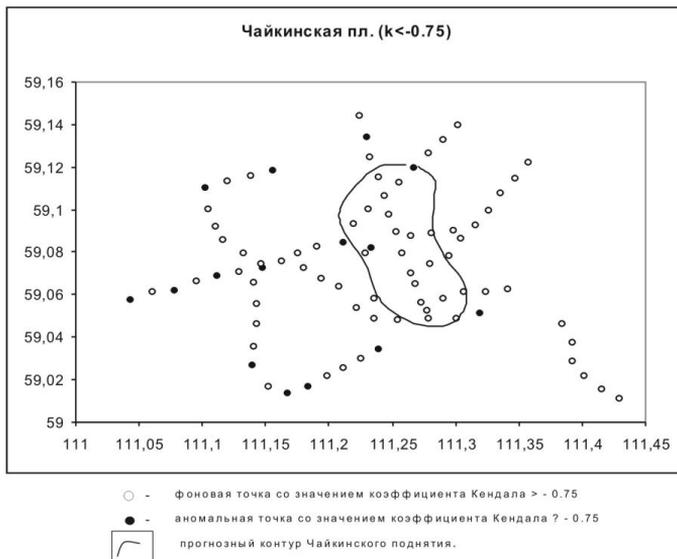


Рис. 3. Распределения аномальных и фоновых значений K на Чайкинской площади.

личина членов последовательности строго возрастает, то $K = 1$, если строго убывает, то $K = -1$. Модифицированная статистика Кендала отличается от стандартного представления тем, что нормировка делается не только по всей сумме, но и по отдельным группам слагаемых. Это ведёт к увеличению числа градаций коэффициента или, что то же самое, к увеличению разрешающей способности.

Из определения статистики видно, что она зависит только от соотношения между отдельными компонентами, а не от их абсолютной величины. Это даёт свои преимущества при анализе вариаций членов последовательности, убывание которых составляет несколько порядков. Все ранее применяемые газогеохимические показатели нефтегазоносности, как правило, основаны на количественных соотношениях между углеводородными газами (см. например [4]).

Вычисляя значение K для каждой пробы и задавая порогом, который будет разделять геохимическое поле на аномальное и фоновое, получим характеристику сорбированных газов в подпочвенных отложениях, соответствующую углеводородам мигрирующих из залежи. При этом порог определяется направленным подбором, исходя из конфигурации расположения аномальных точек отбора проб относительно известного или предполагаемого строения нижележащих отложений. Такая процедура легко реализуется на компьютере в интерактивном режиме. Очевидно, что итерационный процесс можно осуществить методом деления пополам.

В качестве примера на рис. 3 показан вариант распределения аномальных и фоновых значений K на Чайкинской площади. Коэффициент K выбирался, так чтобы аномальные точки образовывали наиболее плотную группу.

При газогеохимической съёмке исследуемую площадь покрывают максимально возможной равномерной сетью пунктов отбора проб из подпочвенных отложений.

Строя карту аномальных и фоновых значений K по сети наблюдений, получим распределение статистики Кендала на изучаемой площади. Найденное распределение позволит выделить аномальные зоны, где пробы с нужным нам соотношением углеводородов встречается наиболее часто. Путем сопоставления геометрии таких зон с геологической моделью, изучаемой территории можно сделать заключение о наличии залежи на глубине, участков интенсивной её дегазации по ослабленным зонам водо-газонефтяных контактов либо разломов, ухудшения или отсутствия экранирующих отложений.

Учитывая, что газовые компоненты, используемые при расчете коэффициента K являются прямыми и как отмечалось выше, основными составляющими газовой фазы углеводородной залежи, то можно ожидать высокую достоверность предлагаемого критерия.

Литература

1. Брей Э.Е., Эванс В.Д. Распределение нормальных парафинов, как ключ к распознаванию материнских отложений // Симпозиум по геохимическим подходам к опознаванию материнских пород нефти. Л.: Гостоптехиздат, 1962. С. 7-25.
2. Вебер В.В., Калинин М.К., Сазонов М.Л. и др. Геохимия органического вещества современных вулканогенно-осадочных образований // Геохимия современных и ископаемых осадков. М.: Наука, 1982. С. 32, табл. 1.
3. Справочник геолога по природному газу. Т. IV. Л.: Гостоптехиздат, 1957. С. 439, табл. 122.
4. Старобинец И.С., Ломейко Н.Н. Извлечение и анализ рассеянных газов при геохимических поисках залежей углеводородов. М.: Недра, 1977.
5. Филиппи Г.Т. О глубине, времени и механизме образования нефти // Органическая геохимия. Вып. 2. М.: Недра, 1970. С. 58-92.

ПОДВОДНЫЕ ГАЗОВО-ФЛЮИДНЫЕ РАЗГРУЗКИ И ПРОБЛЕМА ПРОИСХОЖДЕНИЯ УНИКАЛЬНЫХ УРАНОВО- РЕДКОМЕТАЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЕРГЕНИНСКОГО РАЙОНА КАЛМЫКИИ

С.Ю. Енгалычев

199106, Средний пр., 74, Санкт-Петербург, Всероссийский геологический
научно-исследовательский институт им А.П. Карпинского (ФГУП «ВСЕГЕИ»)

In the article are examined the data indicating the active participation of underwater gas-fluid flows to shaping of unique uranium-rare-metal deposits in Kalmukia.

Развитие идей об активном влиянии эндогенного фактора на осадконакопление и процессы рудообразования в осадочных бассейнах, проявившееся в различные геологические эпохи приводит к пересмотру устоявшихся представлений на генезис все большего числа объектов, а такой подход, учитывающий влияние глубинного фактора, позволяет усовершенствовать поисковые геолого-генетические модели рудных объектов и использовать их на практике.

На юге Европейской части России на территории Калмыкии располагается крупный резервный Ергенинский рудный район, объединяющий группу ураново-редкометальных месторождений, образованных скоплениями костного детрита рыб, содержащих широкий спектр полезных компонентов – U, P, TR, Sc, Y, Re и других. Рудные залежи локализованы в глинах продуктивной калмыцкой свиты, входящей в состав майкопской серии олигоцен-раннемиоценового возраста. Рудовмещающий горизонт мощностью до 300–400 м сложен в основном неизвестковистыми темными глинами, содержащими прослойки костного детрита рыб.

Рудные образования представлены залежами костного детрита песчано-алевритовой размерности, заключенного в глинисто-сульфидном материале. Это относительно маломощные (десятки см – первые метры), но протяженные на многие километры тела пластово-линзовидной и пластово-расщепляющейся (типа «конского хвоста») морфологии, заключенные в мощной глинистой толще. Они расположены на разных стратиграфических уровнях, образуя три рудных горизонта (снизу) степновский, южно-буратинский и багабурульский. В пределах Ергенинского района выявлены 13 месторождений, большое число рудопроявлений, сгруппированных в шесть рудных полей: Степновское, Шаргадыкское, Яшкульское, Харабулукское, Центральное и Багабурульское.

Изучением органо-фосфатных ураново-редкометальных месторождений данного типа занимались многочисленные исследователи, начиная с середины XX века, однако условия их формирования и механизм накопления столь большого количества костных остатков оставался долгое время предметом дискуссий. Основные трудности состоят в объяснении формирования данных объектов только на основании фациально-палеогеографического анализа, без учета возможного эндогенного фактора.

Для объяснения наличия значительных по объему скоплений костного детрита рыб в разное время были высказаны гипотезы, связывающие гибель рыб с сероводородным заражением придонных вод, цветение морских вод, сезонным отмиранием ихтиофауны и др.. Кроме того, выдвигалась идея о накоплении кост-

ных остатков за счет разрушения древних отложений, содержащих остатки рыб. Наиболее правдоподобной, в настоящее время, можно признать гипотезу Шаркова А.А. (ВИМС), согласно которой важнейшим фактором образования месторождений данного типа, установленных не только в Калмыкии, но и на Мангышлаке, является подводная вулканическая деятельность, проявившаяся во время накопления рудовмещающей толщи, и приводящая к многократно повторяющимся катастрофическим эпизодам массовой гибели рыбных сообществ.

Новые данные, подтверждающие предположение о механизме катастрофической гибели рыб за счет газово-флюидных разгрузок в осадочный бассейн были получены при изучении оз. Байкал, расположенного в современной рифтовой котловине. В 1950–60-ых годах возле о. Ольхон, где нет никаких больших промышленных предприятий, по неизвестным тогда причинам погибло очень много рыбы. Аналогичные случаи были зафиксированы несколько лет назад в дельте р. Селенги, на оз. Котокель в 2008 г., на Торейском озере в Читинской области в 2005 г. Как показали исследования, массовая гибель рыб была вызвана поступлением газов из подводных вулканических очагов.

Активное проявление поствулканических процессов в майкопском бассейне привело к повышению концентрации редких элементов в его водах. Последнему способствовал импульсный режим развития бассейна, когда временно прекращалась (или затруднялась) его связь с океаном. Такая изоляция приводила к увеличению концентрации урана и редких земель, поступающих из подводных вулканических очагов. Изменение гидрогеохимии и, в частности, солености водоема постепенно привело к вымиранию организмов не способных существовать в новых условиях, тогда как приспособившиеся формы, в том числе и эндемические виды рыб, распространились в громадных количествах. Максимальный расцвет ихтиофауны, как правило, совпадал с проявлениями подводной вулканической деятельности, сопровождающейся активными газово-флюидными разгрузками и взрывными явлениями. В периоды максимальной активизации подводной вулканической деятельности происходили повторяющиеся кратковременные катастрофические извержения, сопровождающиеся разгрузкой в водоем газов и горячих флюидов. Газы и летучие компоненты фильтровались сквозь толщу воды, улавливались ею и принимали активное участие в разнообразных химических реакциях. В пользу последнего указывают прослойки монтмориллонитовых глин, образованных при разрушении в подводных условиях пеплового материала.

Как известно, популяции морских организмов имеют наибольший масштаб там, где имеется изобилие необходимых для их питания биоэлементов. Именно этим объясняется периодически происходивший расцвет рыбных сообществ в тех частях палеобассейна, где находились подводные вулканические очаги, из которых биоэлементы поступали в морской бассейн.

Основным поставщиком редких и рудных (U, TR) элементов являлись высокотемпературные (более 200 °С) углекислые гидротермальные растворы, а фосфора и других элементов – низкотемпературные (менее 100 °С) гидротермы. Сорбция редких элементов на поверхности костей рыб происходила в существенно восстановительной обстановке, обусловленной разложением погибшей ихтиофауны и накоплением в илах водоема огромных масс органического вещества. Резко восстановительные условия обеспечивали сохранность костного детрита и тем самым благоприятствовали накоплению урана и редких земель в фосфатном веществе костей рыб.

Процесс рудообразования носил циклический характер и проявился на этапах перестройкой структурного плана района. О разновозрастном проявлении вулканических импульсов говорит размещение рудных залежей на разных стратиграфических уровнях в отложениях калмыцкой подсветы. Начало каждого цикла сопровождается активизацией подводной вулканической деятельности, которая вызывала массовую катастрофическую гибель ихтиофауны. Завершение цикла сопровождалось продолжительными по времени периодами затухания подводных вулканических очагов, что приводило к формированию глинистых отложений без каких-либо признаков наличия скоплений остатков ихтиофауны.

Подводные газово-флюидные разгрузки, сопровождаемые вулканическую активность, проявившуюся в Ергенинском районе и на Мангышлаке, привели к образованию уникальных по своей природе ураново-редкометалльных месторождений, не имеющих аналогов в геологической истории Земли. Уникальность этих месторождений выражается в грандиозном масштабе концентрации основных металлоносных компонентов – костного детрита рыб и сульфидов железа, а также связанных с ними рудных компонентов, связанной с благоприятным сочетанием условий осадконакопления в бассейне седиментации и синхронных газово-флюидных разгрузок.

ВЛИЯНИЕ КОСМОГЕННЫХ РИТМО-ЦИКЛОВ ПУЛЬСАЦИОННОЙ ДЕГАЗАЦИИ ЗЕМЛИ НА ГЕОЛОГО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И ЯВЛЕНИЯ

В.А. Елифанов

Сибирский НИИ геологии, геофизики и минерального сырья, Новосибирск, Россия

Relations between bowels degassing and cycles of planet rotation on galactic orbit and the Earth axis precession are shown as table-graphs. In the former case (Fig.1) the earth pulsations are accompanied by global rhythm-dynamic variations of CO₂ in the atmosphere and World ocean level fluctuations. Association of magnetic field intensity changes, variations of CO₂ and air temperature with cycles of the Earth axis precession is established (Figs. 2 and 3).

В созданную ранее «Схему пульсационного развития Земли...» нами добавлен график динамики изменения содержаний CO₂ в атмосфере (рис. 1, строка 5).

Аппроксимированная кривая в целом повторила конфигурацию синусоиды геогалактической пульсации 1 ранга и отобразила общее свойство газовой фазы – первой реагировать на изменения напряженности в литосфере. Ломаная «газовая кривая» удовлетворительно сочетается с кривой динамики изменения активности рифтогенеза и спрединга (строка 4), отражающей экстремумы пульсаций Земли в «драконических полупериодах» (строка 3). Все эти обстоятельства позволяют прямо связать модуляции содержания углекислоты в атмосфере с глубинной дегазацией недр и являются дополнительным доказательством пульсационного характера геогенеза.

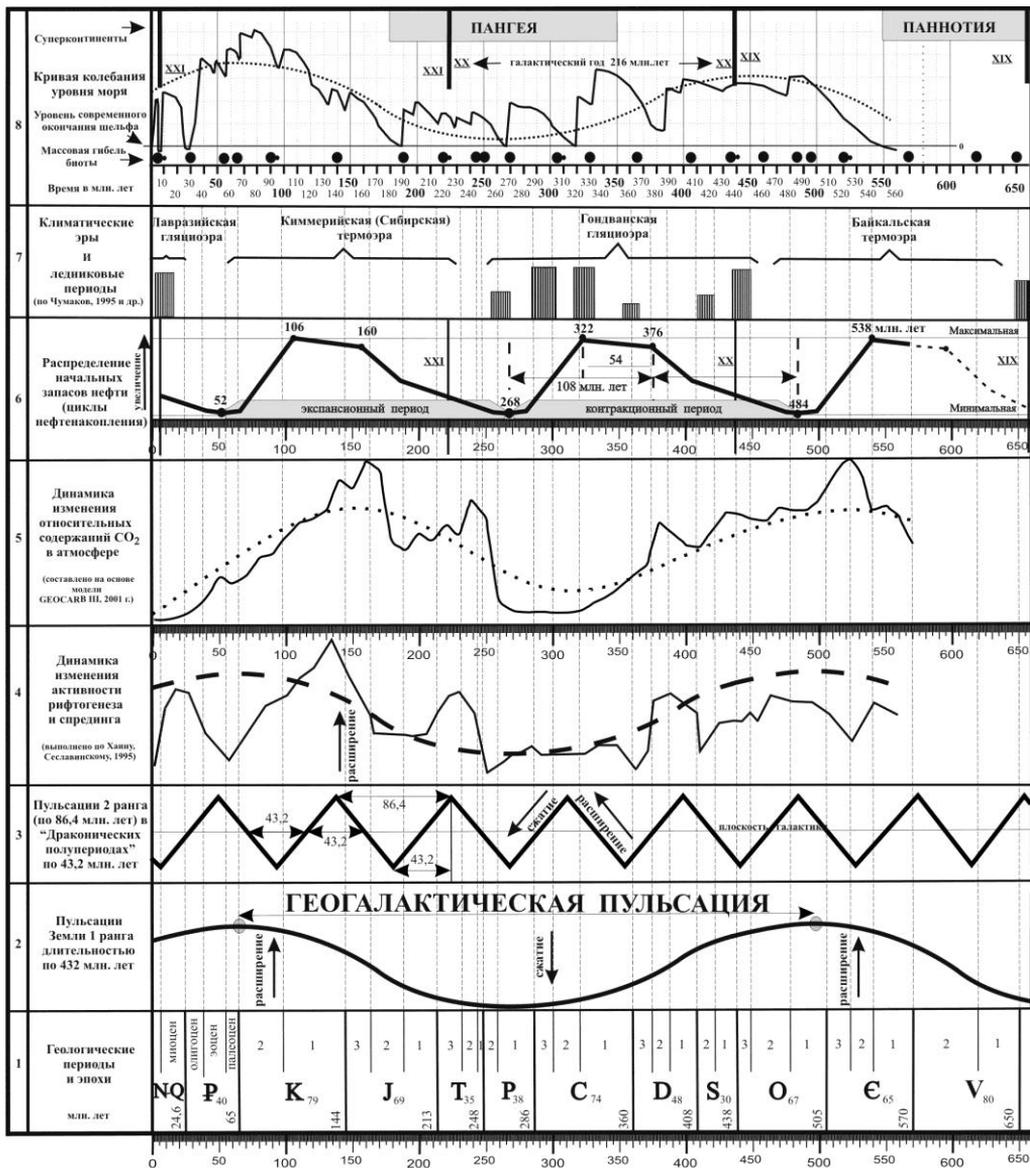


Рис. 1 Схема пульсационного развития Земли и связанные с ним глобальные геолого-климатические процессы и события фанерозоя

Как уже отмечалось, геогалактические пульсации и глобальные земные события часто демонстрируют подчиненность ритмо-циклам, продолжительность которых кратна длительности сидерического галактического года равного 216 млн лет [1]. Часть из них показана в строке 6 рис. 1, где отображены выделенные нами ранее [2] экспансионные и контракционные циклы нефтенакопления длитель-

ностью по 216 млн лет. Каждый из циклов может быть подразделён на фазы длительностью 108 и 54 млн лет.

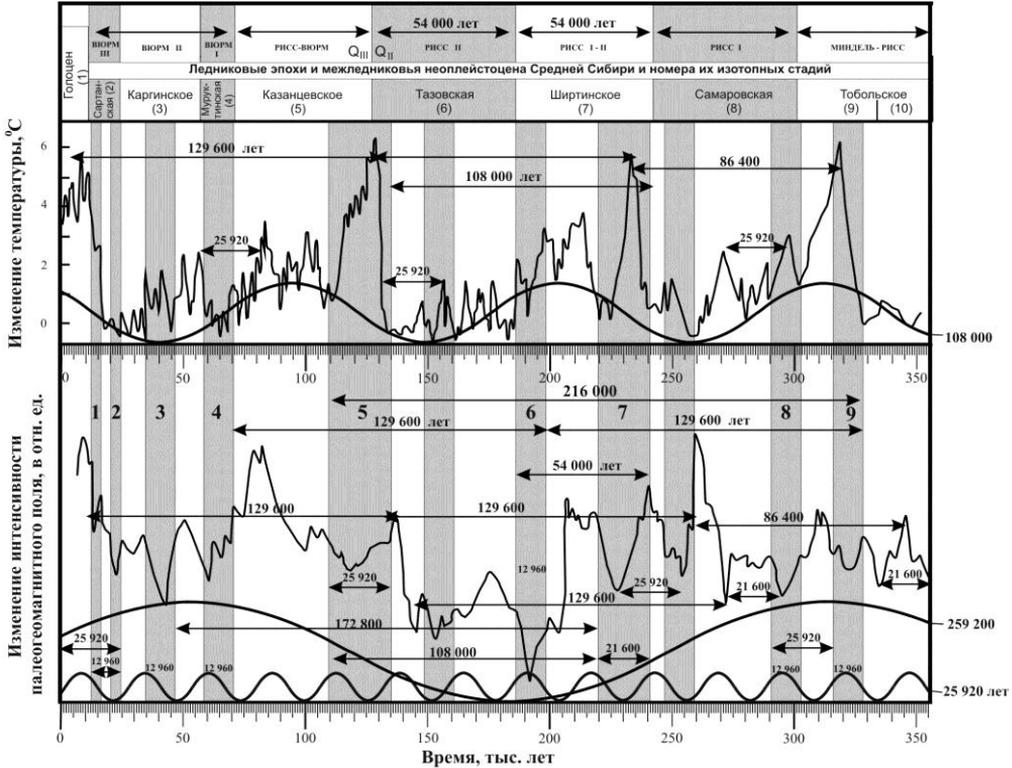


Рис. 2 Отражение ритма галактического вращения Земли и её прецессионного цикла в динамике изменения интенсивности геомагнитного поля и температуры за последние 350 тысяч лет (составлено на основе графических данных из рис. 3 [3])

Вертикальные серые полосы с номерами - интервалы времени пониженного состояния магнитного поля Земли в периоды близкие к экскурсам: 1 - Геттенборг, 2 - Моно Лейк, 3 - Лашиам, 4 - Каргаполово, 5 - Блэйк, 6 - Бива I, 7 - Ямайка, 8 - Бива II, 9 - Бива III (нумерация и названия интервалов даны по [3]). Серые полосы без номеров - выделенные нами интервалы пониженного состояния геомагнитного поля. Стрелками показаны временные отрезки (в годах), равные значениям численного гармонического ряда, кратного длительности сидерического галактического года в 216 (млн.) лет ($216 \times 2 = 432$, ... $\times 3 = 648$, ... $\times 4 = 864$, ... $\times 5 = 1080$, ... $\times 6 = 1296$, ... $\times 8 = 1782$, ... $\times 12 = 2592$, а также $216 : 2 = 108$, ... $: 3 = 72$, ... $: 4 = 54$, ... $: 5 = 43.2$, ... $: 6 = 36$ и др.). В том числе, временные отрезки, отчётливо связанные с прецессионным циклом движения земной оси длительностью 25 920 лет. Синусоидами показаны цикло-ритмы с длительностью периодов равной 25 920, 259 200 и 108 000 лет. Стрелками внутри стратиграфических подразделений показаны временные интервалы по 54 000 лет.

Интервалы времени кратные численному значению галактического года выявляются и в графиках рис. 2. Здесь периодичность событий проявлена в тысячах лет.

На рис. 2 отчётливо видна связь длительности интервалов пониженного состояния магнитного поля Земли с периодом (экскурс 5), полупериодами (экскурсы 3, 4, 6, 8, 9, и два «безымянных») и 1/6 периода (экскурсы 1 и 2) прецессионного цикла вращения земной оси длительностью 25 920 лет. Синусоида цикла (нижняя часть рисунка) демонстрирует закономерное положение начала фаз понижения интенсивности палеомагнитного поля, а синусоида расположена вы-

ше (десятикратно увеличенный прецессионный цикл) – тенденцию динамики палеомагнетизма за последние 350 000 лет.

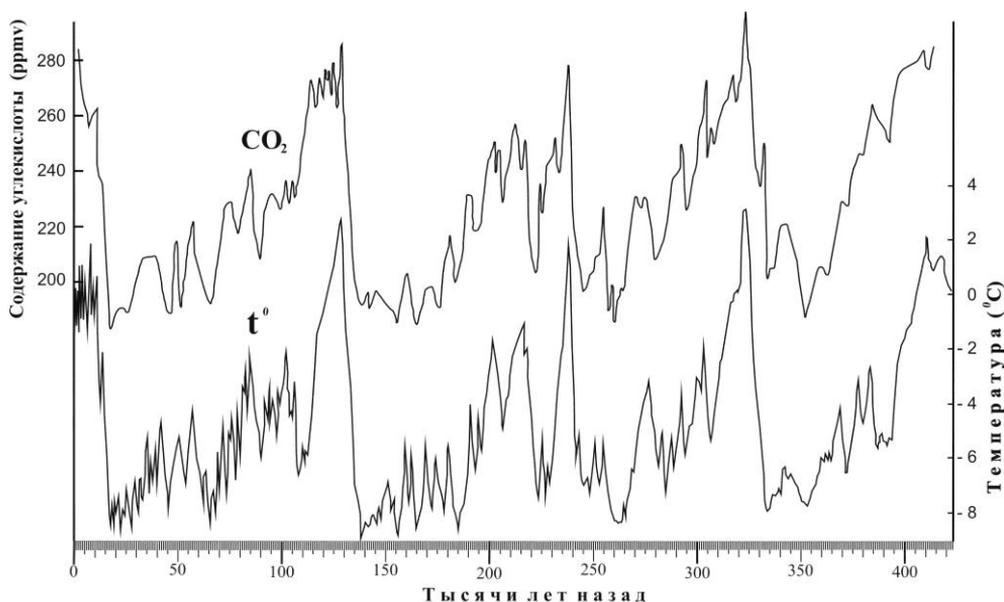


Рис. 3 Динамика изменения температуры воздуха и содержания в нём углекислоты в последние 420 лет по данным изучения керна льда со станции Восток в Антарктиде (составлен на основе рисунка из [4]).

С последней сложно, но закономерно связаны изменения температуры воздуха и хронологические границы ледниковых эпох и межледниковий. В модуляциях климата выявляются численные значения «гармонического ряда», а синусоида с периодом 108 тыс. лет удачно описывает общую динамику колебания температуры воздуха.

Вместе с тем, как видно из рис. 3, между изменением температуры и колебаниями содержания в атмосфере углекислоты устанавливается прямая корреляция. Резкие всплески кривых на графиках позволяют в качестве первопричины изменений климата рассматривать метаново-углекислотную дегазацию недр, а последнюю связывать с космическими ритмами, контролирующими и глобальный, и локальный ход геогенеза.

Литература

1. Епифанов В.А. Космическая гармония пульсирующей Земли // Наука. Промышленность. Оборона: Труды VII Всероссийской научно-технической конференции НГТУ. Новосибирск, 2006. С. 151-155.
2. Епифанов В.А. Цикличность нефтенакопления в пульсациях Земли, астрогеологический контроль генезиса углеводородов и биопозэ // Международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы нефтегазовой геологии»: Сборник материалов. СПб.: ВНИГРИ, 2007. С. 119-128.
3. Кузнецова Н.Д., Кузнецов В.В. Вклад экскурсов и инверсий геомагнитного поля в изменения климата // VI Всерос. совещ. по изучению четвертичного периода: Фундамен-

тальные проблемы квартера: итоги изучения и основные направления дальнейших исследований. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. С. 305-307.

4. *Petit J.R., Jouzel J., Raynaud D. et al.* Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok ice Core, Antarctica // *Nature*. 1999. V. 399. P. 429-436.

ДЕГАЗАЦИОННО-ВОДНАЯ ГИПОТЕЗА ОБРАЗОВАНИЯ ЛЕДНИКОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ И ЛАНДШАФТОВ

В.А. Елифанов

Сибирский НИИ геологии, геофизики и минерального сырья, Новосибирск, Россия

A hypothesis, which ties up the formation of «permafrost» and loessal deposits, drastic climatic cooling in Eurasia and synchronous extremal flowage of its fast territories, as well as specific sediments and relief formed on the fast flat areas as a result of water-earth flows, material for which erupted under head out of the Earth's interior, in a single genetic decontamination and fluid model, is substantiated.

На предыдущих Всероссийских конференциях «Дегазация Земли ...» нами были представлены материалы, обосновывающие вероятность возникновения «великих оледенений» [4] и возможность образования лёссов [5] в результате напорной дегазации недр, проявляющейся в моменты смены напряжений сжатия земной коры на растяжение при пульсационном развитии геосферы.

Отмечалось, что возникновение «вечной мерзлоты», резкое похолодание климата и накопление значительных объемов снежных толщ происходит в результате массового проявления «дроссельного эффекта» – следствия адиабатического расширения вырывающихся на земную поверхность напорных газовых струй. При этом вместе с метаном и углекислым газом выносятся большие объёмы тонкодиспергированного материала горных пород. Такие высоконапорные струи инжектируют в верхние горизонты атмосферы пыль и влагу, что приводит к обильным «грязным снегопадам», способным сформировать многометровые толщи лёссовых отложений. Напомним, что образование лёссов происходит в ледниковые эпохи и считается их характерной особенностью.

Вместе с газами и пылью из недр должны были выноситься и значительные объёмы глубинных напорных вод, способных транспортировать на земную поверхность крупный (до нескольких тонн) обломочный материал горных пород. Этот аспект глубинной дегазации заслуживает особого внимания, поскольку до сих пор не решена проблема массового накопления ледниковых и водно-ледниковых отложений на обширных равнинных территориях севера Евразийского континента.

Данные современной гляциологии свидетельствуют о том, что подошвы ледников не движутся по земной поверхности даже при значительных градиентах рельефа, и тем более их движение-выпахивание невозможно на равнинных территориях. Типичные же моренные отложения образуются при деградации горных ледников за счёт обломочного материала ранее обрушенного сверху на их поверхность [8, 10]. Перенос обломков пород льдами в водной среде (дрифтовый разнос) тоже не способен сформировать большие массы ледниковых отложений, поскольку для накопления обломочного материала местных горных пород (обычно составляющих основную массу осадка), необходимо чтобы территория

одновременно поднималась (для загрузки льдин материалом) и опускалась (для дрейфа и накопления мощных толщ осадков). Таким образом, выпахивание ледниками (былое существование которых лишь предполагается на основании наличия специфических осадков и микроформ рельефа) и дрейфовый разнос не способны удовлетворительно объяснить масштабы рассеяния «ледниковых» и «водно-ледниковых» отложений достигающих мощности в десятки метров.

М.Г. Гросвальд, один из авторов концепции Панарктического оледенения, цитируя Дж. Чарльзворта (1957), отмечает: «Округлые выходы скал, похожие на бараньи лбы, могут быть созданы доледниковым выветриванием; дугообразные гряды – возникать не под напором льда, а при сползании грунта; валуны со штрихами и шрамами – образоваться в грязевых потоках и зонах тектонических разломов; эратические валуны – быть останцами древних формаций, уничтоженных денудацией, а валунные суглинки – иметь не ледниковое, а любое другое – склоновое, ледово-морское, селевое и мерзлотное происхождение... Однако, если перед вами не отдельные объекты, похожие на ледниковые, а их ансамбли, если вы имеете дело с *комплексами парагенетически связанных форм и образований*, то вопрос об их генезисе можно считать решённым, они – ледниковые». [3, стр. 18]. Он же, ссылаясь на У. Вьюэлла (1840), указывает, что главную роль в верификации теоретических построений должен играть «принцип коллигации», т.е. взаимной увязки фактов.

Однако применение этого принципа в настоящее время ставит под сомнение категоричность процитированного вывода о ледниковом генезисе. Установлено, что *последнее резкое похолодание в Средней Сибири произошло 14 000 лет назад* [2] в конце ПЛМ (последнего ледникового максимума в интервале времени между 26–24 и 14 тыс. лет назад) [3]. Однако *в это же время на Евразийском континенте фиксируется эпоха экстремальных затоплений*, выразившаяся в виде сверхполоводий в речных долинах, заозёривания термокарстовыми озёрами междуречий, в развитии солифлюкционных процессов на обводнённых склонах [9]. Максимум хвалынской трансгрессии был проявлен 14–15 тысяч лет назад, когда сформировался каскад бассейнов, прослеженный «от Аральского моря до Мраморного моря... Далее через пролив Дарданеллы воды этого каскада сливались в Средиземное море. По масштабам акватории озёрно-морская система Евразийского каскада не имеет аналогов: площадь достигала 1,5 млн км², объём воды 700 000 км³, расход сбрасываемых вод до 50 000 км³» [9, с. 449]. Всё это свидетельствует о том, что в максимумы оледенений происходили события весьма трудно объяснимые с позиции традиционной теории ледниковых эпох.

При этом именно как достижение последних лет М.Г. Гросвальд отмечает: «... все более значительную роль начинают играть элементы ледниковой палео-гидрологии – большие подпрудные озёра, трансконтинентальные дренажные системы и гидросферные катастрофы, или потопа» [3, с. 14].

Детальное геологическое изучение водно-ледниковых отложений позволило указать, что «главную роль в их накоплении играет не турбулентное течение, а осадконакопление, связанное с **селеподобными водно-гравитационными потоками**, что принципиально меняет в целом подход к выявлению закономерностей формирования рассматриваемых отложений» (выделено нами) [7, с. 647].

Накопление отложений подобного типа (сопочные брекчии, конгломерато-песчанистые толщи и пр.) наглядно демонстрирует «грязевый вулканизм». В настоящее время в 26 странах обнаружено более 800 грязевых «вулканов», более

трети из которых находятся в Азербайджане. Они широко распространены на Таманском полуострове, на о. Сахалин, где приурочены к зонам надвигов и взбросо-надвигов и дегазируют в основном метаном и CO_2 . В последние годы подводный грязевый вулканизм выявлен на оз. Байкал и установлено, что из некоторых структур активно выделяются метангидраты. Современные газовой-флюидные грязевые извержения проявляются в сейсмически активных областях, характеризующихся напорным состоянием водоносных горизонтов в относительно слабо литифицированных осадочных толщах.

Очевидно, что в эпохи тектонических активизаций и проявления массовой напорной дегазации недр масштабы подобных явлений возрастают на порядки. В зависимости от степени консолидации приповерхностных пород, их обводнённости и масштабов локальных напряжений сжатия напорная газовой-водная система может реализовываться по-разному. В одних случаях это «вялые грязевые излияния», в других – выбросы газовых и газовой-пылевых струй, в-третьих – водное фонтанирование с выносом несортированного и полуокатанного обломочного материала местных (дренируемых каналом) пород и отложений водоносных горизонтов.

Напорно-водный вынос глубинного материала на дневную поверхность был описан при характеристике явления названного «гидровулканизмом» [1, 6]. Отмечалось, что: «в эпохи тектонических активизаций... в глубоко погруженных песчаных резервуарах создавались огромные пластовые давления. Слоистая толща осадков не выдерживала и рвалась, ломалась. Захороненные подземные воды с огромной силой вырывались вверх, в эти разломы. Пластовые воды, попав в раздробленный разломами участок... сдвигали с места огромные обломки породы, перетирали их и выталкивали вверх... Подземные воды вырывались по каналу с такой силой и скоростью, что выносили обломки породы весом более тонны... наиболее крупные обломки породы и песок выпадали вблизи устья... воды, несущие взвешенные обломки пород, в виде потока скатывались во впадины... это были временные потоки, и они не были похожи на современные типичные речные системы» [6, с. 56–57]. Впадины образовывались в результате проседания территорий над водоносными горизонтами, материал из которых был вынесен на дневную поверхность и сформировал холмисто-грядовый «ледниковый» микро-рельеф. Дегазационно-водное фонтанирование с массовым выбросом на дневную поверхность и накоплением конгломерато-брекчиевых и песчано-глинистых отложений происходило при смене напряжений сжатия земной коры на растяжение.

Таким образом, вышеизложенное даёт основание связать в единую генетическую дегазационно-флюидную модель формирование «вечной мерзлоты» и лёссовых отложений, резкое похолодание климата и синхронное ему экстремальное затопление огромных территорий, а также образование на обширных равнинных пространствах специфических осадков и рельефа в результате действия водно-селевых потоков, материал для которых под напором извергался из земных недр.

Литература

1. Баландин П.К. Гидровулканы // Земля и Вселенная. 2009. № 6. С. 90-96.
2. Волкова В.С., Хазина И.В. Палеоклиматическая шкала плейстоцена Средней Сибири и Таймыра // VI Всерос. совещ. по изучению четвертичного периода: Фундаментальные

проблемы квартера: итоги изучения и основные направления дальнейших исследований. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. С. 126-128.

3. *Гросвальд М.Г.* Оледенение Русского Севера и Северо-Востока в эпоху последнего великого похолодания / Материалы гляциологических исследований. Вып. 106. М.: Наука, 2009. 152 с.

4. *Епифанов В.А.* Дегазационная природа великих оледенений и пульсации Земли // Дегазация Земли: геофлюиды, нефть и газ, парагенезисы в системе горючих ископаемых. Тез. докл. Международной конференции. М.: ГЕОС, 2006. С. 100-103.

5. *Епифанов В.А.* Дегазационная гипотеза образования лёссов // Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть, газ и их парагенезисы: Материалы Всероссийской конференции. М.: ГЕОС, 2008. С. 160-163.

6. *Иванчук П.П.* Гидровулканизм // Природа. 1967. № 7. С. 49-57.

7. *Лаврушин Ю.А., Голубев Ю.К.* Особенности строения и формирования водно-ледниковых отложений // Доклады АН, 1996. Т. 346. № 5. С. 647-649.

8. *Пидопличко И.Г.* О ледниковом периоде. Выпуск I. Возникновение и развитие учения о ледниковом периоде. Киев: Изд-во КГУ, 1946. 171 с.

9. *Чепалыга А.Л.* События эпохи экстремальных затоплений в долине Маньчга: сброс Каспийских вод через Маньч-Керченский пролив // «Квартер – 2005»: IV Всероссийское совещание по изучению четвертичного периода: Материалы совещ. Институт геологии Коми НЦ УрО РАН. Сыктывкар: Геопринт, 2005. С. 445-447.

10. *Чувардинский В.Г.* Букварь неотектоники. Новый взгляд на ледниковый период. Апатиты: Изд-во Кольского НЦ РАН, 2006. 85 с.

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ И ГЕОБОТАНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА АКТИВНЫХ ГРЯЗЕВЫХ ВУЛКАНАХ ТАМАНИ

А.Д. Жигалин*, М.А. Архипова*, В.А. Алексеев,
Н.Г. Алексеева****

*Институт геоэкологии РАН, г. Москва, **ГНЦ РФ «ТРИНИТИ», г. Троицк, Моск. обл.

The mud volcanoes activity is accompanied by an of hydrogen, methane, radioactive radon, and also liquid mud output on a surface. Thereof near to volcanic constructions ecosystems with specific vegetation prevalence are formed. The geophysical and geobotanical researches have found out comparability of results showing of connection of geophysical fields configuration with structure soils features in vicinities of mud volcanoes.

Главной ареной, на которой проявляется грязевой вулканизм, являются предгорные и межгорные впадины, в которых накапливаются мощные толщи терригенно-глинистых отложений. Глубина проникновения корней грязевых вулканов может достигать нескольких километров. Состав газов, в изобилии поставляемых грязевыми вулканами (водород, метан, радон и др.) как во время извержений, так и в сальзово-грифоновую стадию, позволяет считать их генетически связанными с осадочными толщами грязевулканических провинций.

В одной из грязевулканических провинций, расположенной в пределах северо-западной части Западно-Кубанской впадины, на Таманском полуострове летом 2009 г. были проведены комплексные геофизические и геоботанические наблюдения с целью выявления связи активности грязевых вулканов, отображающей изменение напряженного состояния горных пород верхнего слоя земной

коры в сейсмически активных регионах, с изменением электростатического и радиационного полей и особенностями растительного покрова в окрестностях вулканических построек.

В качестве объекта исследования была выбрана вытянутая долина, располагающаяся во впадине, ориентированная вдоль берега моря и отделенная от него высоким бортом. Общая протяженность долины составляет около 2 км. Для долины характерно развитие грязевого вулканизма. Особенностью является то, что наличествуют три вида вулканических проявлений: чистые грязевые вулканы с выходом метана, а также вулканы с выходом нефти и сероводорода. Группы вулканических очагов разобщены и, по-видимому, имеют различную систему питания.

Для проведения исследований был выбран относительно ровный участок-полигон в нижней части долины примерно в ее середине. Участок имеет форму параллелограмма со сторонами 30 и 100 м, вытянутого вдоль оси долины. Углы полигона жестко привязаны к местности с точностью 3–4 м с помощью портативного GPS-навигатора Garmin eTrex. В пределах полигона и в непосредственной близости от его границ находятся 39 действующих вулканопоявлений. Точки наблюдения располагались по равномерной сети с расстояниями между ними 10 м.

Были проведены измерения напряженности электростатического поля, мощности дозы гамма-излучения и изучены особенности распределения растительного покрова. Результаты исследований представлены на рис. 1 в виде сопоставления пространственного изменения электрического и радиационного полей с распределением растительного покрова в пределах полигона. Там же показано расположение большей части вулканопоявлений. К сожалению измерения уровня выхода водорода в пределах выбранного полигона носили фрагментарный характер, что не позволило выявить на данном участке связи растительного покрова и характера распределения геофизических полей с уровнем эсхалиции водорода. Косвенным образом распределение уровня выхода водорода можно оценить по радиационному полю, считая, что радиоактивный радон может выделяться вместе с водородом.

Согласно полученным данным, напряженность электрического поля (рис 1А) в пределах полигона изменяется от 10 до 120 В/м и более, образуя ряд аномальных участков, наиболее выразительными из которых являются замкнутые аномалии в окрестностях пикета (пк) 3 на профиле (пр) 4 и пк 2 на пр 10. Следует также отметить аномальную зону, находящуюся между пр 3 и пр 6. Левая часть долины хорошо прорисовывается вытянутостью изолиний на протяжении от пр 3 до пр 9.

Поле радиоактивности (рис. 1Б) имеет несколько иную конфигурацию. Следует отметить общий невысокий уровень фонового гамма-излучения. Зарегистрированная мощность дозы излучения не превышала 16 мкР/ч (при норме 20 мкР/ч). В целом радиационное поле в пределах полигона изменяется достаточно плавно. При этом северо-восточная (верхняя на рисунке) часть участка представляется более дифференцированной в сравнении с северо-западной (нижней) его частью. Из замкнутых аномалий можно выделить участки в окрестностях пк 3 пр. 2, пк 3 пр. 4 и пк 2 пр 7.

Заметного сходства в распределении электростатического и радиационного полей не наблюдается, что вполне объяснимо ввиду различия природы полей обоих видов. При высоком уровне радиации можно было ожидать наличие более тесной связи между наблюдаемыми интенсивностью гамма-излучения и величи-

ной напряженности электростатического поля, поскольку ионизирующее излучение способствует увеличению числа электрических зарядов в приземном слое атмосферы. В то же время можно отметить, что при сопоставлении результатов геофизических измерений с данными геоботанического обследования наблюдаются интересные особенности.

Результаты геоботанического обследования в отчете представлены схемой проективного покрытия травостоя в пределах полигона (рис. 1В). Как следует из приводимой схемы вдоль всего полигона в направлении с северо-востока на юго-запад протягивается полоса, практически свободная от растительности. Эта аномальная по проективному покрытию травостоя полоса определенным образом «организуется» аномальные участки, выделенные по данным геофизических измерений. Так, в пределы верхней её части «вписываются» аномалия электростатического поля и существенно дифференцированный участок радиационного поля. То же можно видеть и в средней части планшета, где выявленные аномальные участки геофизических полей обоих видов пространственно совпадают с областью с низким проективным покрытием травостоя. И, наконец, положение выходов грязевых вулканов практически совмещено с участками с малым уровнем проективного покрытия и с некоторыми аномалиями электрического и радиационного поля.

Таким образом, можно предположительно считать, что грязевой вулканизм в качестве доминирующего геолого-тектонического процесса для данной территории определяет характер травяного покрова в пределах исследованного участка, а также особенности пространственного распределения параметров геофизических полей.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ КРУПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА – ИСТОЧНИК УГЛЕВОДОРОДНОЙ ДЕГАЗАЦИИ (БАССЕЙН ПЕРСИДСКОГО ЗАЛИВА)

А. Забанбарк

Москва, Нахимовский проспект, 36. Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН

Distribution of giant oil and gas fields is source of hydrocarbons degassing (Persian Sea basin). Distribution of giant hydrocarbon fields in the earth is marked mainly in the zone of large tectonic elements jointed. Similar regions are the following basins: Persian Sea, Alaskan, Venezuelan, Canadian (Atabaska) and others. Based on the preceding theories advanced the idea about two stages of sedimentary basins evolution, in which large accumulation of hydrocarbons are the result of degassing happened in the time when the fore deeps on the second stage of basin evolution laid on the former Gondwanian margins.

Распространение гигантских углеводородных (УВ) месторождений на земле отмечается преимущественно в зонах сочленения крупных тектонических элементов. Подобными регионами являются бассейны: Персидского залива, Аляски, Венесуэлы, Канадский (Атабаска) и др. С позиции теории глобальной тектоники, образование нефти происходит в результате возгонки и термолиза биогенных веществ, зятянутых вместе с океаническими осадками в зону подвига литосфер-

ных плит. Впервые эта идея качественно и без каких-либо оценок была высказана Х.Хедбергом в 1970 г. В дальнейшем уже на уровне довольно общих количественных оценок этот возможный механизм образования нефти с точки зрения теории глобальной тектоники был продолжен О.Г. Сорохтиным, С.А. Ушаковым и В.В. Федынским в 1979 г. В данной работе, основываясь на предыдущих высказываниях, выдвинута идея о двух этапной эволюции осадочных бассейнов, в которых крупные скопления УВ являются результатом дегазации, произошедшей при наложении передовых прогибов на втором этапе эволюции бассейна на бывшие гондванские окраины. Исследуется бассейн Персидского залива, приводятся количественные подтверждения о распространении гигантских месторождений УВ в зонах сочленения крупных тектонических элементов, где передовые прогибы, наложены на бывшие гондванские окраины (табл.).

Супергигантские месторождения нефти и газа бассейна Персидского залива

№ п/п	Месторождения	Глубина залегания прод. пласта, м	Возраст продуктивного горизонта	Тип коллектора	Начальные доказанные запасы	
					Нефти, млрд т	Газа, трлн м ³
1.	Большой Бурган	1080	Верх. мел.	Песчаник	10.7	1.2
		1150-1300	Ниж. мел.	Известняк		
2.	Гахвар	1550-2000	Верх., сред. юра	Известняк	10.2	1.1
3.	Лулу-Эсфандиар	2743	Ниж. мел.	Известняк	4-5	0.5
4.	Сафания	1370-3578	Ниж., верх. мел.	Песчаник	3.5	0.3
5.	Румейла	3048-3084	Ниж. мел.	Песчаник	2.8	0.5
6.	Киркук	320-729	Ниж. миоцен-верх. олигоцен	Известняк	2.2	0.01
		770-1058	Верх. мел.	Известняк		
		1275-1375	Ниж. мел.	Известняк		
7.	Абкаик	1700-1800	Верх. юра	Известняк	1.6	0.2
8.	Гячсаран	750-1450	Ниж. миоцен-верх. олигоцен	Известняк	1.5	0.2
		1780-2135	Верх. мел.	Известняк		
		3600	Верх. юра	Известняк		
9.	Манифа	2400-2800	Ниж. мел, верх. юра	Известняк	1.5	0.2
10.	Раудатайн	2500	Ниж. мел.	Песчаник	1.5	0.1
11.	Ферейдун-Марджан	2040-3000	Ниж. мел.	Известняк	1.4	0.1
12.	Ага-Джари	1400-2350	Ниж. миоцен-верх. олигоцен	Известняк	1.3	0.3
		2982	Верх. мел.	Известняк		
13.	Ахваз	2566-2700	Ниж. миоцен-верх. юра	Известняк	1.3	0.3
		3970	Верх. мел.	Известняк		
14.	Махарах		Ниж. мел.	Известняк	1.27	0.2
15.	Катиф	2100-2165	Верх. юра	Известняк	1.2	0.1
16.	Биби-Хакиме	1020	Ниж. миоцен-верх. олигоцен	Известняк	1.1	0.3
			Верх. мел.	Известняк		
17.	Канган	2750-2920	Пермь	Известняк	0.3	5.0
18.	Норт-Дом	3084-3440	Пермь	Известняк	0.2	2.4-6.0
19.	Парс	2740-2990	Пермь	Известняк	0.1	2.8
20.	Пазенан	2745	Ниж. мел-верх. олигоцен	Известняк		1.4
			Верх. мел.	Известняк		
21.	Структура W	2740	Пермь	Известняк	0.1	1.0

Одним из уникальных регионов подобного сочленения является осадочный бассейн Персидского залива. Здесь сосредоточено 54 % всех запасов углеводородного сырья на планете, здесь же расположено более двух десятков супергигантских месторождений, запасы каждого из которых превышает 1 млрд т нефти, а газа 1 трлн м³.

Нефтегазоосный бассейн Персидского залива расположен на северной периферии Аравийского – Нубийского щита, в зоне сочленения с горно-складчатым альпийским поясом. Его обрамлением на севере и северо-востоке являются складчатые сооружения Загроста и Восточного Тавра, на юге и юго-западе – эпирифтовые поднятия Южной Аравии, известные как плато Хадрамаут, и другие, на западе – Алеппское поднятие и складчатые комплексы Пальмирид. Восточным обрамлением бассейна служит обдукционный офиолитовый комплекс Омана.

В структурном отношении бассейн Персидского залива делится на платформенную часть, отвечающую северному и восточному склонам Аравийско-Нубийского щита, и области передовых (краевых) прогибов; Предтаврская зона дислокаций, Месопотамский и Южно-Оманский краевые прогибы. Мощность осадочного чехла в пределах северной и восточной периферийных областей Аравийского кратона меняется от 1–2 до 4,5–7 км. В Месопотамском прогибе мощность линзы осадочных пород резко возрастает, достигая в погруженных участках 15 км.

На рубеже олигоцена и миоцена произошло закрытие океана Тетис, которое сопровождалось воздыманием горноскладчатых поясов и заложением крупных и мелких предгорных и межгорных прогибов. Тектонические события, приведшие к закрытию океана Тетис, создали благоприятный структурный фон для генерации и аккумуляции УВ, особенно на ряде бывшей пассивной Гондванской окраины.

Интенсивные тектонические дислокации и скучивание осадочных масс на огромных пространствах ускорили процессы нефте- и газообразования в отложениях, образовавшихся некогда на континентальных склонах и их подножиях в периферийных областях океана Тетис. Потоки жидких и газообразных УВ мигрировали из областей затронутых складчатостью и метаморфизмом, в сторону древних шельфов, где заполнили возникшие на предыдущих этапах ловушки и резервуары. Однако лишь на южной окраине исчезнувшего океана сформировавшиеся залежи УВ смогли сохраниться до наших дней.

Передовые прогибы оказались наложенными на более древние осадочные бассейны. Так, в истории одного из крупнейших в регионе бассейнов Персидского залива выделяются два крупных тектонических этапа: сначала он развивался как часть континентальной окраины Гондваны вплоть до столкновения ее с зоной Загрост, затем перед этой последней возник передовой Месопотамский прогиб, наложившийся на северные, некогда глубоководные, участки этой окраины.

Месопотамский передовой прогиб является самым крупным прогибом в рассматриваемом регионе, он протягивается на расстоянии до 2,5 тыс. км с северо-запада на юго-восток. Его ширина меняется от 180 до 400 км, а общая мощность осадочного чехла в наиболее прогнутой (осевой) части достигает 14–15 км. В позднедокембрийское и палеозойское время древние континентальные массивы, существовавшие на территории Ирана, составляли одно целое с Аравийской континентальной платформой. На их разделение в перми или триасе, т.е. в период раскрытия мезозойского Тетиса, указывает пояс офиолитов Загроста, приуроченной к линии Главного Загростского надвига. Месопотамский передовой прогиб,

наложившийся на краевую часть Аравийской платформы и примыкающий к складчатому сооружению Загрос, имеет ассиметричное строение с внутренним северо-восточным дислоцированным бортом и внешним более пологим юго-западным. Наиболее интенсивное формирование тектонических структур фиксируется на внешнем борту, где развиты большой протяженности и сравнительно узкие складки, группирующиеся в зоны, параллельные Загросскому складчатому сооружению. Сам прогиб окончательно сформировался в заключительную фазу альпийской складчатости. К этому времени здесь накопилась мощная толща осадков, в основном карбонатные породы до среднего миоцена и (молассы) средний миоцен–современные. Молассовая толща откладывалась сначала в условиях морского бассейна, а затем в условиях солеродных лагун, что способствовало накоплению мощных региональных флюидоупоров. Сдвиговые дислокации, доминировавшие в Загросе, привели к дисгармоничному смятию молассовой толщи, однако не затронули структурной целостности верхнепалеогеновых–нижнемиоценовых отложений – Асмари (Кальхур, Главный Известняк). Углеводороды в Месопотамском прогибе содержатся в Асмарийских отложениях, в образованиях верхнего мела (Саравак, Вазий, Бангестан), нижнего мела (Шуейба, Тамана), нижний мел и верхняя юра – Хами (Зубейр, Ратави, Араб, Увайнат), средняя юра (Друма) и верхнепермских породах – Хуфф.

Таким образом, бассейн Персидского залива существовал как континентально-окраинный бассейн на протяжении большей части своей истории, т.е. с позднего палеозоя и до миоцена. После столкновения двух некогда противоположных окраин Тетиса – северной, активной, и южной, пассивной, – он трансформировался в бассейн, типичный для зон сочленения древних кратонов с более молодыми горно-складчатыми сооружениями. Крупные скопления УВ в этом районе является результатом дегазации, которые произошли на втором этапе эволюции бассейна при наложении передовых прогибов на бывшие гондванские окраины.

ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЗОНЫ ГАЗОВЫДЕЛЕНИЯ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ

Б.А. Занкевич, Н.В. Шафранская

Отделение морской геологии и осадочного рудообразования НАНУ,
Украина 01054, г. Киев, ул. О.Гончара, 55-б, shafranv@mail.ru

The geodynamic model is based on fault-block mechanisms of basement activation of the southwestern edge of the East European Craton. It is ground on the structural factor of localization of gassing zone on the border of Odessa shelf, as embryonic fissure pull-apart, derivative of dislocation shearing component of NNW Odessa and West-Crimean deep fault.

Наиболее масштабная зона газовых факелов Черного моря приурочена к бровке северо-западного, Одесского шельфа. Донные газовые факелы и газовыделения различной интенсивности образуют здесь сублинейную зону с азимутом простирания ~60° СВ, протяженностью до 100 км, совпадающую с перегибом шельфа к континентальному склону. Этот региональный феномен массового газовыделения (более тысячи факелов), с глубин преимущественно в первые сотни

метров, детально описан ранее [7]. Масштабы рассматриваемой зоны соотносятся с огромными объемами современного газовыделения, в десятки миллиардов кубометров/год [3].

Зона газовыделения – это (при)разломный сложно построенный участок растяжения и деструкции, расположенный на ступенчатом сочленении Одесского и Западно-Крымского кулисно расположенных разломов ССЗ простирания (рис. 1).

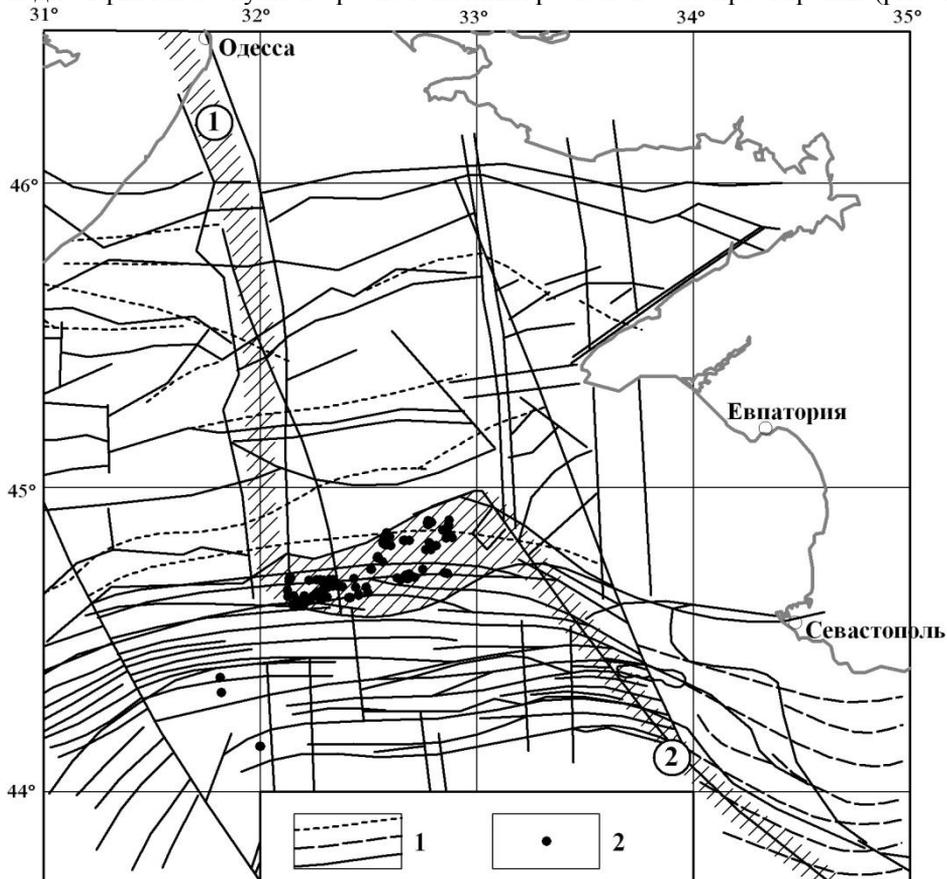


Рис. 1. Сводная карта разломов северо-западной части Черного моря.

1 – разломы по данным разных карт (Finetti и др., 1988; Б.М. Полухтович и др., 1995; А.Ф. Коморный, 2004; В.И. Самсонов и др., 2004), 2 – одиночные и групповые газовыделения. Цифры в кружках: 1 – зона Одесского глубинного разлома, 2 – зона Западно-Крымского глубинного разлома. Штриховкой показана структура пулл-апарт

В структурном плане района зона газовыделений имеет закономерную позицию относительно глубинных разломов – малоамплитудных сдвигов [1, 2], в качестве второстепенной, вторичной «деструктивной» зоны. Региональные разломные зоны представлены здесь двумя пересекающимися системами параллельных разломов, которые и определяют разломно-блоковый, чешуйчато-блоковый унаследованный структурный план фундамента и чехла [1, 2; и др.]. Структурный ансамбль южного края Одесского шельфа, образованный ССЗ и СВВ основными разломами «угла» ВЕП, осложнен серией субширотных сбросов Циркум-Черно-морской разломной

зоны. Эта киммерийско-ларамийская зона накладывается здесь на разломно-блоковый структурный план чехла, унаследованный от фундамента края ВЕП. Поэтому и разломы Циркум-Черноморской зоны фрагментарно участвуют в современных активизациях структурного ансамбля разломных зон фундамента и чехла.

Структурно-парагенетический подход к анализу разломной сети района выявил сдвиговые составляющие в кинематике ССЗ разломов, а также – иерархии разломов, обрамляющих и составляющих зону газовыделения [1, 2]. Структура последней определяется сочетанием разнопорядковых разломов, в том числе фрагментов крупных разломов, выходящих за её пределы. По аналогии с моделями сдвиговых зон [5], обрамляющие её разломы определяются как R^1 -направления, производные от право-сдвиговых малоамплитудных дислокаций ССЗ глубинных разломов; при инверсии – на этапах левого сдвига – обрамляющие разломы приобретают компоненту растяжения. Тектонофизическая позиция зоны газовыделения относительно региональных субширотных левосдвиговых дислокаций, представлена R -, T -направлениями, с компонентой растяжения. Это проявление комплементарности кинематики разломной сети района при активизациях разломных зон юго-западной и южной границ ВЕП [1].

В частности, малоамплитудные лево-сдвиговые ССЗ дислокации крупных блоков района создали участок растяжения – транстенсии, в тылу – в «тектонической тени» относительно направления смещения блоков. Таким образом, выявляется, что по морфологии и кинематике образующих её разломов в плане рассматриваемая зона газовыделений согласуется с известными «пулл-апартовыми» схемами [6, 8, и др.].

Пулл-апараты определяются как локальные впадины (параллелограммовидные в плане участки с растяжением), ограниченные пересечением перекрывающейся кулисной пары разломов, в нашем случае – ССЗ сдвигов и пары секущих параллельных обрамляющих сбросов. В аналогии с модельным рядом морфологических типов пулл-апартов, рассматриваемая зона газовыделения представляется *пулл-апартом эмбрионального «щелевого» типа*. Трёхмерное строение этой зоны газовых факелов можно представить приближенно, как квазиплоское геологическое тело, сложенное нормально стратифицированными породами чехла и нарушенное многочисленными крутопадающими субширотными сбросами Циркум-Черноморской зоны разломов, в меньшем количестве – субмеридиональными разломами.

Характерен структурный рисунок внутри зоны в плане: генерализованный азимут простираения обрамляющих разломов, т.е. – её «оси» $\sim 60^\circ$ СВ, составляет углы $20\text{--}40^\circ$ с эшелонированными фрагментами субширотных сбросов в зоне. Сочетание обрамляющих и R -, T -направлений внутренних разломов обеспечивает газопроницаемость зоны при любой ориентировке сдвига разломов обрамления в условиях транстенсии (цепочки газовых факелов трассируют фрагменты её разломов).

Наиболее «благоприятную» кинематику с растяжением, характерную для поперечной межблоковой структуры пулл-апарат (или коленообразной структуры), зона газовыделений приобретает при левых сдвигах ССЗ глубинных разломов. Комплементарность разломной сети также «способствует» кинематике зоны газовыделения и относительно дислокаций южного края ВЕП: зона представлена T -, R - или P -направлениями вторичных структур левых и правых сдвигов. В обоих случаях субмеридиональные и субширотные фрагменты разломов внутри зо-

ны газовыделения имеют компоненту растяжения, как Т-структуры высокого порядка. Благоприятный для газовыделения локальный структурно-тектонический фактор остается перманентным и, сочетаясь с региональными условиями трансформации левосторонних ССЗ разломов-сдвигов, определяет место и масштабность явления.

Геодинамическая модель «пулл-апарт» объясняет положение зоны подводного газовыделения в общей структуре района; её диспозицию относительно ССЗ глубинных разломов, имеющих сдвиговую компоненту: Одесского и Западно-Крымского. Выявляются кинематические следствия сдвиговой компоненты смещений иерархически связанных разломов: региональных, обрамляющих – и разломов внутри зоны газовыделения. Структурные рисунки в этой зоне кинематически могут характеризоваться как локальные парагенетические L-, P-, R-, T-элементы сдвигов обрамления, в свою очередь – производных от активизаций региональных разломов.

Проницаемость зоны для водно-газовых флюидов обусловлена компонентой растяжения системы внутренних разломов при левых сдвигах региональных ССЗ разломов, а также – растяжением обрамляющих зону разломов при соответствующих смещениях блоков. Пулл-апартная структура зоны выделяется неконтрастно среди развитой разломной сети района (см. рис. 1) и по проницаемости для флюидов сродни некоторым разломам с растяжением в обрамлении. (Приразломные одиночные и групповые газовые факелы известны в различных участках Черного моря; однако другие подобные по масштабу феномены газовыделения в регионе неизвестны.)

Повсеместность сдвиговой компоненты дислокаций в разломно-блоковых структурах Черноморья, иерархичность разломообразования и активизаций (при)сдвиговых зон отмечались и ранее. Аналогии позиций/простираций локальных разломных структур и известных направлений с растяжением в моделях сдвига, позицию подводной зоны газовыделения в целом, её внутреннее строение можно учитывать при рассмотрении и других значимых нефте-газопроявлений региона.

Литература

1. *Занкевич Б.А., Мельниченко Т.А., Шафранская Н.В.* Унаследование структурных планов северо-западного шельфа Черного моря // Геология и полезные ископаемые мирового океана. 2009. №1. С. 52-62.
2. *Занкевич Б.А., Шафранская Н.В.* Тектоническая позиция зоны газовых факелов северо-западной части Черного моря // Геология и полезные ископаемые мирового океана. 2009. №3. С. 35-54.
3. *Кравченко В.Г.* Механизм функционирования подводных газовых факелов Черного моря. // Геология и полезные ископаемые мирового океана. 2008. №1. С. 108-115.
4. *Расцветаев Л.М.* Парагенетический метод структурного анализа дизъюнктивных тектонических нарушений // Проблемы структурной геологии и физики тектонических процессов. М.: Изд. ГИН АН СССР, 1987. С. 173-275.
5. *Стоянов С.С.* Механизм формирования разрывных зон. М.: Недра, 1977. 144 с.
6. *Тевелев А.В.* Сдвиговая тектоника. М.: Изд-во МГУ, 2005. 254 с.
7. *Шнюков Е.Ф., Пасынков А.А., Клещенко С.А. и др.* Газовые факелы Черного моря. Киев, 1999. 133 с.
8. *Aydin A., Nur A.* The types and role of stepovers in strike-slip tectonics // Soc. Econom. Paleontol. and Miner. Spec. Publ. 1985. Vol. 37. P. 35-44.

КРИТЕРИИ «ВТОРИЧНОСТИ» ФОРМИРОВАНИЯ ЗАЛЕЖЕЙ НЕФТИ И ГАЗА

Н.П. Запивалов, Г.Д. Исаев

Российская академия естественных наук, 630090 г. Новосибирск,
e-mail: ZapivalovNP@ipgg.nsc.ru;

ООО НИЦ «Сибгеонафт», 630071 г. Новосибирск, e-mail: Sibgeonaft@mail.ru

All aspects of secondary processes which one are watched in a lithosphere in regions active hydrocarbon-migration are defined. Gears and energetics of these processes forming oil accumulations and gas are determined. Hydrocarbon of Fields are considered as modern secondary (not sedimentary) the fluid systems wholly depending on quality and scale of job depth fluidtectonic processes.

Практически все скопления углеводородов в литосфере приурочены к очагам трещиноватости, к системам нарушений и разрывных дислокаций, а также к различным градиентным зонам. При пересечении скважиной этих зон наблюдается совершенно определенный выход керна (рис. 1), который позволяет диагностировать как тип глубинной неоднородности, так и генезис трещиноватости и степень переработки пород. Кроме того, в зонах активного флюидного воздействия меняются многие характеристики пород.

Изучение очагов и зон флюидомиграции представляет ценнейшую информацию не только о характере транспортировки флюидов в пространстве, но и о природе резервуара УВ в целом. Определение направления флюидомиграции имеет важнейшее значение, так как от него часто зависит решение прогнозных задач. Градиентная составляющая флюидомиграционных процессов определяет изменение вещественного состава пород.

В частности региональный метасоматоз во многом обусловлен глубинной дегазацией планеты. Сложные сочетания субвертикальных зон проницаемости, «аномальных» разрезов и различных экранирующих горизонтов определяют многообразие форм проявления метасоматических процессов. Это подтверждается фактами вертикальных перетоков флюидов с одного уровня на другой, закономерностью размещения АВПД, пластовых вод с низкой и высокой минерализацией, наличием вертикальных зон разгрузки глубинных растворов, столбов карбонатизации пород и т.д. Так по нашим данным в районе Уренгойской группы месторождений имеется ряд скважин, вскрывших вертикальные столбы вторичной карбонатизации, пересекающие отложения мелового и юрского возраста, независимо от состава пород.

Из 84 изученных нами скважин, вскрывших эффективные коллектора вблизи контакта мезозойского чехла с палеозойским «фундаментом», на юго-востоке Западно-Сибирской плиты во многих скважинах наблюдается четкая вертикальная взаимосвязь прямых признаков УВ в палеозое с таковыми и в мезозойском чехле. Эта пространственная зависимость современных залежей УВ в чехле с их признаками в подстилающем «фундаменте» объясняется субвертикальной миграцией флюидов из палеозоя в мезозой. Эта миграция имеет пространственное продолжение по всем разрезам фанерозоя при наличии зон разуплотнения, растяжения, тектонической дезинтеграции, метасоматического выщелачивания, по границам тел с различными физико-механическими свойствами (вязкости, пластич-

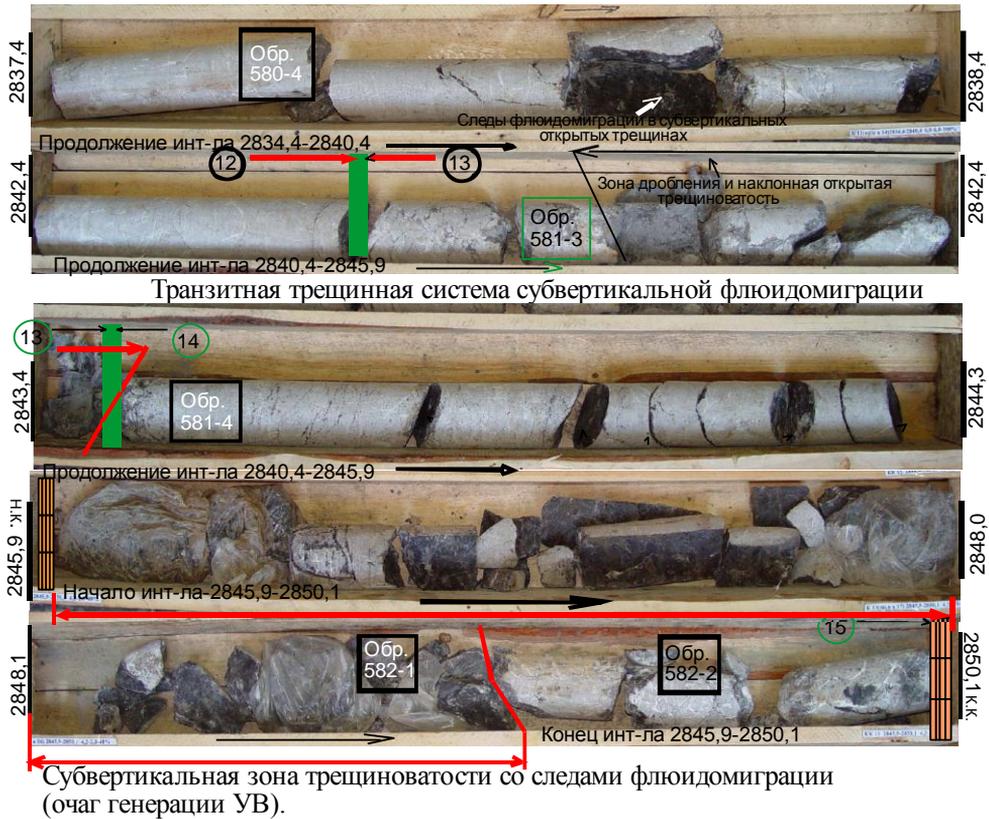
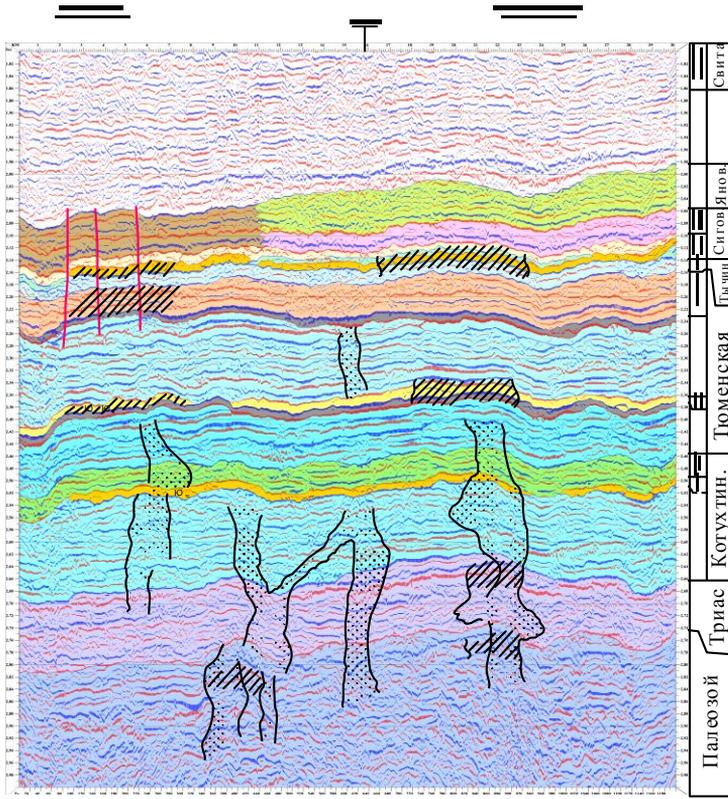


Рис. 1. Признаки активной флюидомиграции в нижней части трещинного резервуара Малоичского месторождения

ности, хрупкости и пр.). Именно наличием разных путей флюидомиграции с подобным сложным типом перемещения в пространстве, возможен разностадийный характер заполнения ловушек в фанерозе. Этим же объясняется факт различия состава УВ систем на разных стратиграфических уровнях.

Приуроченность высокопроницаемых пород к зонам современной сейсмической неустойчивости – несомненна. Это области региональной миграции флюидов из глубины по зонам субвертикальной трещиноватости. С ними пространственно связана и -нефтегазоносность, что подтверждает наши выводы о природе зон деструкции. Широко известны работы Р.М. Бембеля по интерпретации этих зон на сейсмопрофилях (Бембель, 1995). Он их назвал геосолитонами и объясняет их локализованное развитие волновой природой.

Характер воздействия геофлюидодинамических процессов на породы фанерозоя Западной Сибири определяет изменение их физических свойств. В пределах «фундаментного» палеозоя разгрузка динамического напряжения выражается в развитии зон трещиноватости, брекчировании, метасоматической проработки, в основном, субвертикальной ориентировки. С уменьшением глубины изменяется и направление активной флюидомиграции – до наклонной и латеральной ориентировки в рыхлых слабосцементированных породах чехла.



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ



Рис. 2. Сейсмогеологический разрез ЭКО (профиль 190012) в районе Пур-Тазовского междуречья

Современное соотношение стратонов чехла, как друг с другом, так и с выступами палеозойского основания, чаще не является седиментационным, а скорее – новообразованным. Это относится не только к современному рельефу любого из горизонтов чехла (и, в частности, палеозойской поверхности), но и к пространственному положению самих стратонов, их преобразованной мощности, новой геометрии.

Поэтому систему локальных поднятий в чехольном комплексе отложений следует рассматривать как систему новообразованных структур, возникающих в завершающий (инверсионный) этап развития Западно-Сибирской плиты. К внутриплитной тектонике инверсионного типа относятся и субвертикальные зоны де-

струкции (СЗД), которые на сейсмопрофилях диагностируются в виде столбообразных аномалий с низкими значениями амплитуд отраженных волн.

Исследуя морфологию проявления трещиноватости в керне скважин, сопоставляя их с формой ЗСД на сейсморазрезах, можно утверждать, что геометрия проявления этих процессов в пространстве имеет чаще **локализованный** субвертикальный, а не строго линейно-плоскостной характер. На рис. 2 демонстрируется результат интерпретации одного сейсмического профиля в Восточно-Тэрьельской зоне нефтенакопления. Плоскостное восприятие зон флюидомиграции формируется под гипнозом необходимости увязки или прослеживания сейсмических аномалий на соседних сейсмопрофилях. К таким же выводам пришел Бембель Р.М. (1995). В отличие от последнего локализованные субвертикальные зоны трещиноватости, часто совпадающие с локальными поднятиями, мы объясняем субвертикальной миграцией флюидов. Именно в такой форме и проявляется геофлюидодинамика в настоящее время. Изучение зон трещиноватости в пределах известных месторождений показало, что, во-первых, большинство из них сопровождается интенсивным развитием вторичных процессов; во-вторых, в пределах палеозойского основания ориентировка зон трещиноватости чаще всего вертикальная; в-третьих, они представляют собой зоны проникновения флюидов из нижних горизонтов палеозоя в разуплотненные породы чехла. Таким образом, объясняется многоэтажность залежей в фанерозое Западной Сибири и их генетическая связь.

Современные глубинные геофлюидодинамические процессы имеют универсальный многоплановый характер. Именно они определяют очаговую генерацию УВ и создают залежи нефти и газа с большим разнообразием форм и фазовых соотношений. Движущей силой этих процессов является глобальная дегазация Земли постоянно инициируемая и поддерживаемая ротационной энергетикой планеты.

НЕОГЕОДИНАМИКА ЮГО-ВОСТОКА ВОЛЖКО-КАМСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ И ВЫЯВЛЕНИЕ ОЧАГОВ СКРЫТОЙ РАЗГРУЗКИ УЛЕВОДОРОДОВ В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН

Х.Г. Зинатов, А.А. Ефимов

ЗАО НПО «Репер, Казань, noreper@gmail.com

Для юго-восточной части Волжско-Камской антеклизы обосновывается флюидодинамическая и углеродолокализирующая функции неотектонически активных парагенетических дислокаций растяжения, сдвига и сжатия, которые имманентны зонам разнорядковых сдвиговых дислокаций на границах и внутри движущихся и деформационно взаимодействующих блоков земной коры.

За последние 10–15 лет прогноз и поиск месторождений нефти на территории Республики Татарстан (РТ) сопряжен с решением двух, еще далеко не решенных, проблем: 1) нефтеносности фундамента и 2) современной подпитки известных месторождений нефти углеводородами (УВ) (Р.Х. Муслимов, 1999, 2000). Необходимость решения этих проблем выдвинула на повестку дня практическую задачу: разработку методов прогнозирования и картирования очагов скрытой раз-

грузки в осадочный чехол и кристаллический фундамент земной коры глубинных геоплюидов, включая УВ, то есть флюидодинамических структур глубинной эксплозии и нефтяного диапиризма, как формы проявления «холодной» ветви гидротермальной деятельности (А.И. Тимурзиев, 2006). С учетом представлений об исключительно молодом возрасте современных месторождений УВ и о новейшем времени последней, возможно, продолжающейся и сейчас, фазы формирования залежей УВ, равно как, генетической связи месторождений УВ с неотектонически активными дислокациями, названные проблемы и задача неразрешимы, если не решена проблема выявления, картирования современной структуры исследуемого региона и тектонофизической интерпретации разнопорядковых систем дизъюнктивных и пликативных дислокаций, которые не только активны на неотектоническом этапе и в настоящее время, но в ходе своего совместного развития «синхронно» обеспечивают как приток УВ и формирование нефтяных ловушек, так и сохранность месторождений УВ.

На основе дешифрирования КС и интерпретации данных дешифрирования, с использованием геолого-геофизических данных, основными структурными элементами формирующейся в новейшее время структуры верхней части литосферы РТ, как части юго-востока Волжско-Камской антеклизы (ВКА), являются: 1) неотектонические блоки первого порядка, представленные своими краевыми частями (Ветлужско-Вятский, Ижевско-Пермский, Приволжский и Южно-Татарско-Приоренбургский), а также входящие в их состав блоки земной коры более высоких порядков; 2) пограничные – межблоковые зоны разломов глубокого заложения и внутриблоковые разломы более низких порядков; 3) приразломные пликативные дислокации – антиклинальные и синклинальные складки. Антиклинальные складки – локальные поднятия образуют в своих сочленениях вдоль разнопорядковых разломов кулисные ряды – валы, которые развиты на границах и во внутренних частях блоков; 4) четвертичные эрозионно-тектонические приразломные впадины; 5) кольцевые структуры. Формирование современной структуры земной коры РТ происходит под давлением с востока, со стороны Уральского неотектонического орогена и с юга, со стороны Оренбургско-Пугачевской литопластины, в результате развития Прикаспийской впадины. Не исключено влияние на этот процесс неотектонической активности Камско-Бельского и Серноводско-Абдуллинского авлакогенов.

Тектонофизический анализ структурных рисунков, образованных разнопорядковыми разломами, приразломными эрозионно-тектоническими впадинами, локальными поднятиями и валами, позволяет диагностировать их как парагенетичные дислокации сопряженные с Прикамским, Серноводско-Туймазинским, Высокогорско-Салмышским и другими сдвигами, имеющими надвиговую составляющую, или, как зоны сдвиговых деформаций глубокого заложения, которые формируются на границах блоков первого и второго порядков, и отображают вовлеченность в сдвиговые деформации краевых и внутренних частей этих блоков.

Большинство месторождений нефти и битумов РТ размещаются в пределах неотектонического Южно-Татарско-Приоренбургского блока и в северо-восточной части Буинско-Елабужско-Бондюжской зоны правосторонних сдвиговых дислокаций, обрамляющей Южно-Татарско-Приоренбургский блок с северо-запада. Месторождения нефти связаны преимущественно с *активными взбросово-надвиговыми* локальными поднятиями и валами и в меньшей мере со *сбросовыми*, по механизму формирования, их аналогами, с которыми связаны месторож-

дения битумов. Например, нефтеносный Дигитлинский взбросово-надвиговый вал, и его антипод – не вмещающий залежей нефти Улеминский вал. И те, и другие валы парагенетически связаны с глубинными сдвигами и их аналогами более низких порядков. По-видимому, на территории РТ, как и на сопредельных территориях Волго-Уральской нефтегазонасыщенной провинции, при современном глубинном подтоке углеводородов, разнопорядковые парагенетические зоны сдвиговых дислокаций выполняют важные *углеводородопоставляющую* и *углеводородокализующую* функции в современных процессах формирования и сохранности месторождений нефти в осадочном чехле. При этом сдвигам и парагенетическим им присдвиговым структурам растяжения – эрозионно-тектоническим впадинам и валам сбросового механизма формирования принадлежит роль в основном углеводородопоставляющих дислокаций, а парагенетическим им структурам сжатия – присдвиговым взбросово-надвиговым локальным поднятиям и валам – предпочтительная углеводородокализующая роль. Сбросовые по механизму формирования локальные поднятия и валы, при прочих благоприятных факторах нефтеобразования (коллектора, покрышки и т.д.), вследствие присущих им условиям растяжения, менее предпочтительны для формирования и сохранности месторождений нефти, но к ним приурочены месторождения битумов. Само же Ромашкинское месторождение приурочено к блоку земной коры, обрамленному с севера, запада, юга и юго-востока Челнинским, Ново-Елховским и Туймазинским присдвиговыми кулисными рядами валов взбросово-надвиговой кинематики, или, к крупному блоку, который заключен между Челнинским и Туймазинским кулисными рядами валов и, по отношению к этим, так же нефтеносным, но относительно подвижным зонам, представляет собой более стабильный блок земной коры. Это обстоятельство в период неотектонического формирования Южно-Татарско-Приоренбургского блока и поднятия Южно-Татарского свода в составе названного блока, по-видимому, не только предопределило переформирование и подпитку углеводородами Ромашкинского месторождения, но и сохранность его покрышки, и, собственно, самого месторождения.

На площади Ромашкинского месторождения выявлено не менее 50 узлов пересечения парагенетических право- и левосторонних сдвигов глубокого заложения, без существенных амплитуд смещения. Узлам пересечения сдвигов тектонофизически присуща возможность формирования разуплотненных участков земной коры с формированием аномальной трещиноватости в виде линзовидных в плане и столбообразных – штокверковых по вертикали зон (Х.Г. Зинатов, Р.Ф. Вафин, 1984), которые формируются на глубинах от 0,5 до 5–6 км, а площади их поперечного сечения изменяются от 0,1 до 4–5 км². Они геодинамически благоприятны для формирования не только каналов подпитки существующих месторождений УВ, но и трещинных коллекторов для УВ в фундаменте и в осадочном чехле и, возможно, битумных озер, а также карста и других геоморфологических процессов. Узлы пересечения парагенетических сдвигов на площади Ромашкинского месторождения располагаются вдоль сдвигов на расстоянии 3, 5, 10 и более километров. Это предполагает соединение в фундаменте близко расположенных штокверковых зон трещиноватости и формирование прерывистых линейных субвертикальных аномальных зон разуплотнения или потенциальных резервуаров нефти и газа.

В северо-восточной части Южно-Татарско-Приоренбургского блока площади развития битумов, размещающихся в уфимских и казанских отложениях, четко разграничены. Граница между ними проходит по Высогорско-Салмышскому

правостороннему взбросо-сдвигу глубокого заложения. К северо-востоку от разлома скопления битумов, приуроченные в основном к уфимским, а к юго-западу – к казанским отложениям. Очевидно, Высогорско-Салмышский разлом в уфимском и в казанском веках, проявил, и проявляет себя до сих пор, как разлом, вдоль которого происходило формирование палеорельефа, определявшего накопление литофаций. Вдоль него, на площади его северо-восточного крыла, в уфимском веке происходило формирование долины Палео-Шешмы уфимского века, дельтовые и авандельтовые осадки которой наиболее «продуктивно» накапливались в широкой зоне разломов, парагенетичных Высогорско-Салмыш-скому разлому. В целом зона этих отложений заключена между тыловыми – синклинальными частями крупного Акташско-Новоелховского вала и осложняющих его «бескорневых» локальных поднятий взбросово-надвигового механизма формирования, составляющих крайнюю западную ветвь Сокско-Шеш-минского сложнопостроенного вала – на юго-востоке, и кулисного ряда взбросово-надвиговых валов на юго-восточном крыле Прикамском правостороннего сдвига – на северо-западе. Эти породы позже, возможно, преимущественно на неотектоническом этапе, при активизации дегазации УВ, были реализованы как битумоносные породы. Устойчивая приуроченность палеорусел и современного русла Шешмы с позднего палеозоя к Высогорско-Салмышскому разлому определяется тем, что данный разлом имеет кроме сдвиговой взбросово-надвиговую составляющую. Он, подобно своим более низким по порядку аналогам, развивается с позднего палеозоя до сегодняшнего дня вдоль осевой части гигантской асимметричной антиформы – Южно-Татарско-Приоренбургского блока первого порядка – «мегавала», который в современном рельефе геоморфологически выражен Бугульминско-Белебеевской возвышенностью. Поскольку юго-западные, западные, северные, и северо-восточные пределы рассматриваемого «мегавала» обрамлены Камско-Кинельской системой прогибов, то можно полагать, что он начал формироваться как конседиментационная структура в поздне-франкое время, и с тех пор перманентно развивается до сегодняшнего дня. Характерно, что к северо-восточному крылу «мегавала», приподнятому относительно юго-восточного крыла, как и у более меньших его аналогов (валов и локальных поднятий взбросово-надвигового механизма формирования), приурочены все крупнейшие месторождения нефти: Шкаповское, Туймазинское, Ново-Елховское и само Ромашкинское.

По-видимому, в верхних слоях земной коры на территории ВКА, как и в других нефтегазоносных провинциях на Земле, основными не только флюидодинамическими структурами глубинной эксплозии и нефтяного диапиризма, но и углеродолокализирующими дислокациями являются неотектонически активные разнорядковые парагенетичные дислокации растяжения, сдвига и сжатия, имманентные зонам разнорядковых сдвиговых дислокаций на границах и внутри движущихся и деформационно взаимодействующих блоков земной коры.

ВОЗМОЖНАЯ РОЛЬ ГЛУБИННЫХ ФЛЮИДОВ В ИЗВЕРЖЕНИИ ВУЛКАНА ПИК САРЫЧЕВА В 2009 ГОДУ И СИЛЬНЫХ СИМУШИРСКИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ 2006-2009 гг. НА СРЕДНИХ КУРИЛАХ

Т.К. Злобин, А.Ю. Полец

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск,
e-mail: t.zlobin@mail.ru

The main role in the eruption of volcano Peak Sarycheva (the Middle Kuril) in 2009 could play deep fluids. As a result of strong Simushir earthquakes 2006–2009 there were breaks, displacement, shift stresses According to the vacuum-explosivefluidal-dynamical model or due to reaction of dehydration by an explosive way there could take place instant inject in to the porous space.

11 июня 2009 года на Средних Курилах (о-в Матуа) произошло извержение вулкана Пик Сарычева. Судя по максимальной за всю историю наблюдений высоте пепловых облаков (до 16 км) это видимо было одно из крупнейших извержений за исторический период. За несколько лет до этого события, а именно, 15 ноября 2006 года и 13 января 2007 года на Средних Курилах произошло катастрофическое и сильное землетрясения с магнитудой $M_w = 8,3$ и $M_w = 8,1$ изученное нами [1]. В дальнейшем за период с 2006 по 2009 год и позже на Средних Курилах в районе о-ва Симушир произошла серия сильных землетрясений исследованная авторами [2]. В связи с тем, что извержение вулкана Пик Сарычева в 2009 году на Средних Курилах произошло почти сразу после сильных Симуширских землетрясениях 2006–2009 гг. представляет интерес рассмотреть его возможный механизм и роль в нем глубинных флюидов.

Как известно, согласно гипотезе Грина и Рингвуда подъем магм из мантии под действие гидростатических сил осуществляться сравнительно медленно, со скоростью порядка 1 см в год [7]. Особо протекают процессы в вулканах, расположенных в зонах субдукции. Здесь в результате трения литосферных блоков происходит повышение температуры, плавление пород в зоне контакта, изменение свойств магмы, ее подвижности, соотношение летучих, давления в магматическом очаге вулкана, накопление газа, подъем флюидов и т.д. (рис. 1).

При этом, вода, отделяющаяся от субдуцированной океанической коры мигрирует вверх. Попадая в результате этого в область более высоких температур в пределах мантийного клина, как считает Г.П. Авдейко (2001), она является причиной плавления.

Кроме того, анализ тектонического поля напряжений на Средних Курилах за длительный период показал, что характер деформаций структур земной коры и верхней мантии на глубинах 0–60 км в центральной части Курильской дуги обуславливает области растяжения [6]. Это способствует возникновению ослабленных зон, с которыми мог быть связан подъем магм и извержение вулкана Пик Сарычева на о-ве Матуа. Вышеназванные процессы предшествуют подготовке извержений вулканов, и они длительные.

Однако в районе в районе Средних Курил землетрясения могли спровоцировать подъем газа и флюидов вдоль тектонических ослабленных зон и разломов в верхних горизонтах земной коры [2]. Как известно, вулканические газы, заклю-

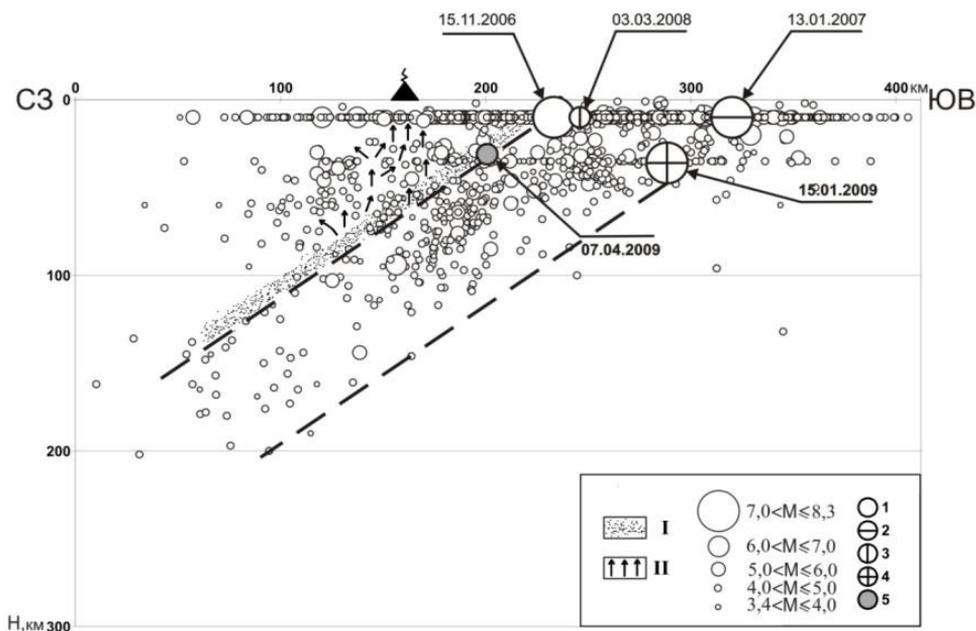


Рис. 1. Вертикальный разрез поля гипоцентров землетрясений 15.11.2006 г., 13.01.2007 г., 03.03.2008 г., 15.01.2009 г. и 07.04.2009 г., их афтершоков и сейсмодислокации вкрест простирания Курильской островной дуги. 1, 3 – пологий надвиг; 2 – сброс; 4, 5 – взбросы. I – область плавления; II – поток тепла и легкоподвижных компонент (флюидов). Прямыми наклонными линиями показаны границы сейсмофокальной зоны связанной с субдуцирующей литосферной плитой

ченные в магме являются важным фактором для последующих извержений вулканов. Они способны вызывать вулканические извержения или, по крайней мере, согласно Х.Расту, являться их движущей силой. Они и могли привести к извержению вулканов вулкана Пик Сарычева.

Кроме того, важно учитывать наличие флюидов и их проникновение по тектоническим разломам, нарушениям, трещинам, а также роль тектонических напряжений и давления флюидов в трещинообразовании, о которых писал Ю.Л. Ребецкий [5]. Они тем более возникают после таких сильных землетрясений, какие были на Средних Курилах в 2006–2009 гг. Поэтому для извержения вулкана важно не только предшествующее движением магмы или повышение температуры пород, но также подъем газов и флюидов. Они, например, были установлены А.И. Обжировым [4] на Сахалине и прилегающих акваториях и связаны автором с Нефтегорским (27.05.1995) и Невельским землетрясениями 2.08.2006 г.

Согласно концепции о прохождении глубинного флюидопотока через кристаллическую земную кору флюиды мигрируют по каналам повышенной проницаемости. По пути миграции флюидов их новые порции могут поступать в очаги вулканов. Сильные землетрясения на Средних Курилах в 2006–2009 годах и, тем более, катастрофическое Симуширское землетрясение 15.11.2006 года с магнитудой $M = 8,3$ привели к возникновению трещин и разрывов. По ним и могли, безусловно, двигаться флюиды и газы.

Как считает Ю.Л. Ребецкий в результате достаточно высокого уровня сдвиговых напряжений в земной коре и верхней мантии реакция дегидратации осуществляется *взрывным* образом. При этом скорость диффузионного процесса превышает на несколько порядков скорость диффузии в жидкой фазе. При таком развитии реакции дегидратации в областях сдвига в поровое пространство практически мгновенно впрыскивается большой объем флюидов [5].

Кроме вышеназванного, извержение вулкана Пик Прево на о-ве Матуа могло произойти и согласно вакуумно-взрывной флюидодинамической модели А.Д. Дмитриевского и Б.М. Валяева. При установлении связи между сейсмичностью и вулканизмом Е.Н. Наумова и др. [3] развивая их идеи, пишут, что они были реализованы и согласно этой модели в определенных динамических условиях (разрывах сплошности среды) из камер происходят выбросы (впрыскивание) флюидов в полости, сопровождающиеся взрывами. Эти процессы сопровождаются выделением большой энергии способной образовать магмы, которая может накопиться в верхней части земной коры (до 20 км). В таком случае декомпрессия в разломных зонах вызывает взрывное соединение гелия и водорода. В результате этого мантийные пары и газы расширяют разломы и, тем самым, ослабевают сочленения блоков [3]. При этом, как они считают, землетрясения сопровождаются активностью флюидов.

Таким образом, можно заключить следующее.

1. Согласно модели сейсмovolканических процессов подготовка извержения вулкана Пик Сарычев связана с субдукцией Тихоокеанской плиты, трением контактирующих блоков, возникновением в результате этого плавления пород, последующим подъемом расплавленного вещества и флюидов в зону магмообразования и магматический очаг.

2. В результате сильных Симуширских землетрясений 2006–2009 гг. возникли и обновились разрывы, трещины, разломы по которым произошел подъем флюидов. При значительном уровне сдвиговых напряжений, возникших вследствие землетрясений, реакции дегидратации осуществлялась взрывным путем и в поровое пространство мгновенно впрыскивались флюиды.

3. Согласно механизму вакуумно-взрывной флюидодинамической модели А.Н. Дмитриевского и Б.М. Валяева непосредственным толчком к извержению могли послужить вулканические газы и флюиды.

Литература

1. Злобин Т.К., Полец А.Ю. Очаговые зоны катастрофических Симуширских землетрясений 15 ноября 2006 г. (Mw = 8,3) и 13 января 2007 г. (Mw = 8,1) и глубинное строение земной коры Средних Курил // Тихоокеанская геология. 2009. Т. 28, №5. С. 54-63.

2. Злобин Т.К., Поплавская Л.Н., Полец А.Ю. Серия сильных и катастрофических Симуширских землетрясений 2006-2009 годов: основные особенности и сейсмотектоника очаговых зон // Докл. АН. 2009. Т. 428, №4. С. 531-535.

3. Наумова Е.Н., Соловьев В.А., Соловьева Л.П. Сейсмичность, грязевой вулканизм, нефтегазоносность и дегазация Земли // Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть, газ и их парагенезы. Материалы Всероссийской конференции, 22-25 апреля 2008 г. М.: ГЕОС, 2008. С. 334-336.

4. Обжиров А.И. Миграция углеводородов из недр к поверхности и формирование нефтегазовых залежей и газогидратов в Охотском море в период сейсмотектонических активизаций // Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть, газ и их парагенезы. Материалы Всероссийской конференции, 22-25 апреля 2008 г. М.: ГЕОС, 2008. С.359-362.

5. *Ребецкий Ю.Л.* Разломы как особое геологическое тело. Модель развития крупномасштабного хрупкого разрушения // Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть, газ и их парагенезы. Материалы Всероссийской конференции, 22-25 апреля 2008 г. М.: ГЕОС, 2008. С. 418-420.

6. *Симбирева И.Г., Федотов С.А., Фиофилактов В.Д.* Неоднородности поля напряжений Курило-Камчатской дуги по сейсмологическим данным // Геология и геофизика. 1976. № 1. С. 70–86.

7. *Федотов С.А.* Магматические питающие системы и механизм извержения вулканов. М.: Наука, 2006. 455 с.

РОЛЬ ГЛУБИННЫХ ГЕОФЛЮИДАЛЬНЫХ ДАВЛЕНИЙ И СТРУКТУРНО-ТЕКТОНИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ФОРМИРОВАНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА

А.А. Иманов

Институт геологии НАН Азербайджана; Az 1143, Баку, просп. Г.Джавида, 29А

The article focuses on role of the deep geofludal pressures on results of complex study of rocks petrophysical properties and parameters of Baku archipelago Pliocene complex layer on the base of newly-formed principles of systematic approach where cycle of stratigraphic parameters of regional buried structures rocks is found.

Основными условиями качественного формирования коллекторских и экраняющих свойств пород месторождений нефти и газа на больших глубинах обусловлено наличием высоких геофлюидальных давлений (АВПД), литолого-минералогического состава и температуры.

В связи с чем районом исследования были выбраны глубокопогруженные тектонически развитые структуры месторождений Бакинского архипелага Южно-Каспийской впадины (ЮКВ), не случайно. Он характеризуется весьма высокой скоростью осадконакопления (до 950–1300 м за млн лет), большой мощностью осадочного чехла (до 25–30 км) и его плиоценово-четвертичной части (до 12–15 км), наличием большой мощности глинистой толщи состоящей преимущественно до 80–85 % пластичными набухающими минералами.

Градиент поровых давлений на глубинах 6–6,5 км достигает до 0,021–0,022 МПа/м, а пластовых давлений в залежах до 0,0160 МПа/м при высоте их структуры до 2,5 км. В разрезе архипелага с глубиной более 4–4,5 км геотермический градиент составляет 8–8,5 °С/км в глинах и 9–9,5 °С/км в коллекторах. При сохранении этих градиентов по расчету на глубинах 18–20 км, температура в глинах составит 196–205 °С, а в коллекторах 230–240 °С [1].

Учитывая благоприятные термобарические условия этого уникального региона, разработана методология изучения параметров пласта, петрофизических свойств терригенных осадочных пород-коллекторов залежей нефти и газа, глинистых разделов по площади регионально погруженных локальных структур и по падению пластов с учетом совокупности большинства взаимодействующих и взаимосвязанных природных факторов, связанных общей историей их развития. Сформированы

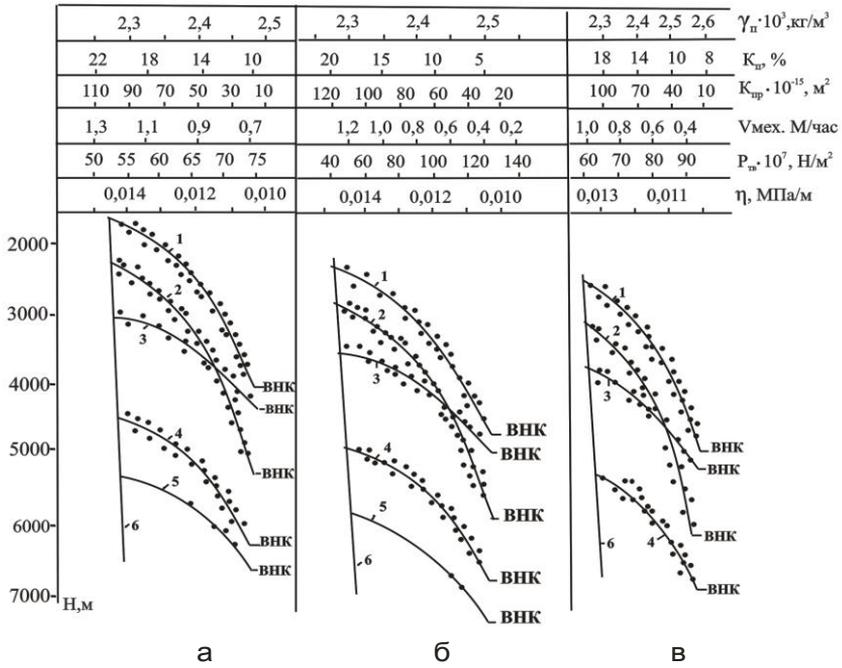


Рис.1

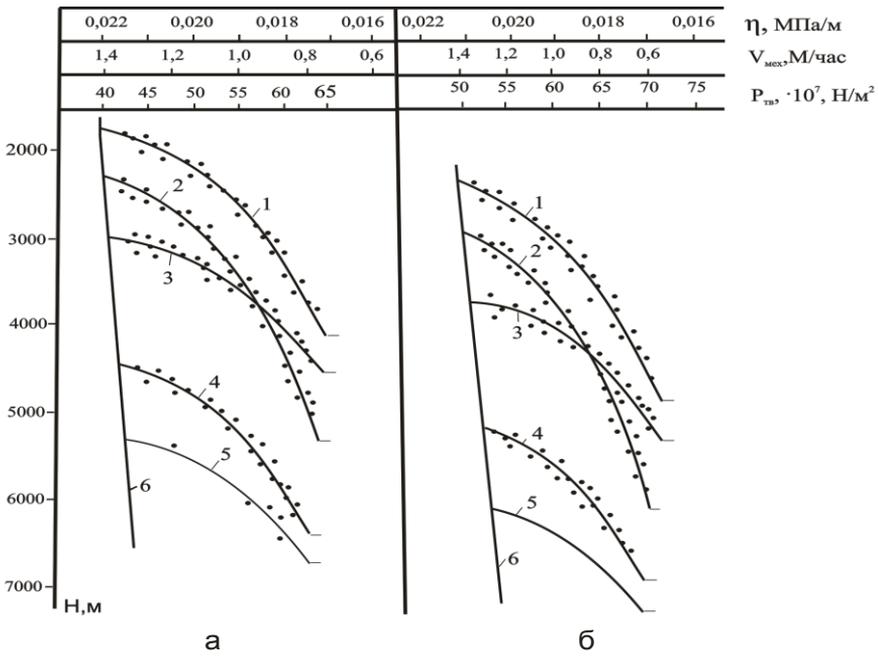


Рис.2

новые принципы системного подхода, в основу которого заложена цикличность стратиграфических параметров пород регионально погруженных структур.

Сложность выявленных циклов заключалась в их пространственной непрерывности, требующих использование комплекса геологических параметров, свойств пород и пластов, соответствующих начальным условиям их формирования.

Установлено, что непрерывность повторяющихся циклов геологических параметров на равных гипсометрических положениях регионально погруженных структур происходит при равновесных градиентностях геофлюидальных давлений, т.е. при равных градиентах эффективного давления.

На рис. 1 (а, б, в) приведены соответственно для залежей V, VI и VIII горизонтов продуктивной толщи изменения плотности (γ_n), коэффициентов пористости (K_n), проницаемости ($K_{пр}$), твердости ($P_{тв}$), градиентов пластового давления (η) и механической скорости бурения ($V_{мех}$) на месторождениях Дуванный-дениз, Сангачалы-дениз, Харе-Зиря, Булла-дениз и Умид (соответственно кривые 1–5) от сводов антиклинальных структур до ВНК или ГВК.

На рис. 2 (а, б) соответственно приведены изменения градиентов порового давления (η_n), $P_{тв}$ и $V_{мех}$ в глинистых разделах между V–VII горизонтами продуктивной толщи и надкирмакинской глинистой свиты (НКГ) рассматриваемых месторождений.

Кривая 6 на рис. 1 и 2 показывает изменение значений исследуемых параметров соответствующих сводам различных структур и месторождений.

Динамика изменений градиентов пластового и порового давлений, петрофизических параметров и их цикличность в формировании идентичных фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) пород в залежах и глинистых разделах позволила впервые обнаружить в осадочном чехле регионально погруженных структур кольцевые зоны равных напряжений с идентичными петрофизическими свойствами пород и параметрами пласта, позволившие использовать их на более глубокозалегающих, еще не освоенных структурах [2].

Показано, что, не смотря на рост глубины залегания пластов в региональном направлении показатели свойств пород и градиенты пластовых и поровых давлений на равных гипсометрических уровнях остаются постоянными.

Проведенные расчеты с помощью полученных нами моделей, позволили прогнозировать и оценить благоприятные коллектора с высокими фильтрационно-емкостными свойствами (пористостью 13 %, проницаемостью $106 \cdot 10^{-15} \text{ м}^2$ для песчано-алевритовых пород и пористостью 18 %, проницаемостью $168 \cdot 10^{-15} \text{ м}^2$ для слабоцементированных кварцевых песков и песчаников) на глубинах до 15 км [2] и надежные глинистые покрышки [3, 4] в отложениях продуктивной толщи плиоцен-четвертичного комплекса.

Таким образом, наличие с глубиной повторяющихся циклов с высокими геофлюидальными давлениями, низкой температуры до глубин 6,5 км и более сдерживало преобразование осадков в плиоцен-четвертичном комплексе и тем самым создавало благоприятные условия для формирования качественных флюидоупоров и фильтрационно-емкостных свойств пород-коллекторов на больших глубинах.

Литература

1. Иманов А.А. Метод исследования температурного режима и геофлюидальных давлений на месторождениях Бакинского архипелага // Баку, Труды Института Геологии НАН Азерб. 2007. №35. С. 96-103.

2. *Иманов А.А.* Методология изучения свойств осадочных пород и параметров пласта с позиции концепции равных напряжений. Баку: «Nafta-Press», 2008. 84 с.

3. *Иманов А.А., Сулейманов Т.Х., Нурмамедов Ф.А.* О пластичности глинистых пород месторождений Азербайджана на больших глубинах // Баку, Известия НАН Азербайджана. Сер. «Науки о Земле». 2005. №3. С. 31-34.

4. *Иманов А.А., Фейзуллаев А.А., Хеиров М.Е.* Условия сохранения углеводородных скоплений в Южно-Каспийском бассейне: о флюидоупорных свойствах глинистых пород продуктивной толщи // Баку, Азерб. Нефтяное хозяйство. 2009. №1. С. 11-20.

ДЕГАЗАЦИЯ ГЛУБИННЫХ СИСТЕМ ЗЕМЛИ, ПРИРОДА ПЛЮМОВ, ЕДИНСТВО И МНОГООБРАЗИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ, ОБУСЛОВЛЕННЫХ УГЛЕРОДНО-НЕОРГАНИЧЕСКИМИ ФЛЮИДАМИ, В РАЗЛИЧНЫХ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ОБСТАНОВКАХ

Ю.В. Индукаев

Государственный университет, 634057 г. Томск, пр. Ленина, 36

During the historical development earth's andogenic activity has been connected with activity of external fluid nucleus. External fluid nucleus is the source of substance and energy. These substance and energy run through earth's crust and above ground by means of plums. Here we can found pulsation gaseous relief of deep-seated parts of Earth. Plums are the main work's regulators of thermodynamic and geodynamic machine – "Earth". Earth crust was formed by these plums (magmatic complexes, ore-magmatic systems, petrographical and metallogenic provinces, ore and magmatic formations. Catastrophic periods are gave rise by degasation's impulses of external liquid earth's nucleus coincide with global metallogenic epochs.

Открытие в породах (и минералах) многих структур земного шара флюидных включений свидетельствует о поступлении углеводородов и других летучих из глубин к поверхности Земли. Широко известны включения неорганических газов в газово-жидких включениях в минералах кимберлитов Якутии и других районов. Тяжелые алканы обнаружены недавно в мантийных ксенолитах из вулканических пород различных регионов мира. Установлено, что наиболее обогащены газовыми включениями горные породы Хибинского плутона. По проведенным расчетам в объеме всего Хибинского массива находится около 10 миллионов кубометров горючих газов. Повышенные концентрации газов отмечаются в породах рудоносного комплекса полей уртитов Хибинских гор.

Так содержание Cl в различных породах, образованных в процессе щелочного матасоматоза в рудных зонах скарновых месторождений Алтае-Саянской складчатой провинции колеблется от 0,23 % до 0,46 %. В том числе и в тех породах, которые под микроскопом не содержат видимых хлорсодержащих минералов (альбититы и др.). Видимо, основную часть этих содержаний следует отнести за счет газово-жидких включений, которые приурочены к зернам альбита. В скаполитах месторождения Хайлеол содержание хлора колеблется от 2,32 % до 3,12 %. Скаполиты Анзасского месторождения содержат Cl – от 1,79 % до 2,07 %. В га-

стингситах отмечаются следующие содержания хлора в %: Хайлеол – от 0,40 до 0,76; Ампалык – от 0,71 до 1,92; Инское – от 0,63 до 0,73. В дашкеонитах отмечаются следующие количества хлора в %: Анзас – от 0,31 до 2,39; Табрат – от 0,92 до 1,51; Мульгинское – от 1,27 до 1,55; Хайлеол – от 1,91 до 2,27.

Исследование газово-жидких флюидов, образующих включения в породах фундамента месторождений Белый Тигр и Дракон (Вьетнам) обнаружило преобладание в их составе водорода и метана. Суммарное содержание флюидов во включениях колеблется от 8 до 180 см³/кг породы. Эти флюиды капсулированы в капиллярах, каналах роста минералов, пустотах специфических минеральных структур, в виде обособленных включений [2].

В пределах нефтегазоносных территорий очень часто происходит выход подземных (глубинных) газов. Среди них отмечают: инертные газы, N, H₂ и т.д.

В свое время Кольская сверхглубокая скважина показала, что даже на глубине 7–10 км “в гранитном” слое земной коры имеются зоны разуплотнения, то есть коллектора, насыщенные флюидом. В золотых рудниках Витватерсранд (Африка) откачивают до 500 миллионов кубометров углеводородных газов в год. В Новосибирской области из пород фундамента Межевской площади вырывается фонтан углекислого газа мощностью 200.000 кубометров в сутки, а на Самутнильской площади разбурена газовая залежь, которая состояла на 70 % из углекислого газа и на 30 % из углеводородных газов и выделяла до 30.000 кубометров в сутки.

Приведенные примеры показывают, что пульсация газовой разгрузки внутренних частей Земли приводит к постоянному поступлению к поверхностной части Земли разнообразных газовых компонентов в виде мощных флюидных потоков (плюмов).

Таким образом, анализ эволюции магматизма и рудообразования в истории развития Земли и закономерностей пространственного и временного размещения главных петрографических (Мак-Кензи, Хибинской и др.) и металлогенических (Уральской, Алтае-Саянской и т.д.) провинций мира показывает, что они генетически (своим формированием) связаны с циклическими проявлениями глубинных флюидных потоков (плюмов). Последние формируются в пределах внешнего флюидного ядра Земли и поступают к поверхности в процессе эндогенной активности нашей планеты.

Анализ геодинамических ситуаций в истории развития Земли позволяет наметить важнейшие моменты ее эволюции. В связи с этим можно отметить, что поздний палеопротерозой является важнейшим переломным периодом в истории Земли и связан с переходом от архаичной плюм-тектоники архея к современной плейт тектонике фанерозоя. Повидимому этот период был связан с началом вовлечения в тектоно-магматические процессы ранее не участвовавшего в них вещества флюидного внешнего ядра Земли [3]. Вероятно, только к тому времени сложился механизм геодинамо Земли. Подобный механизм обуславливает циклическое (периодическое) накопление флюидных компонентов на границе внешнего жидкого субъядра и мантии и это впоследствии порождает тектоно-магматическую активность Земли. Схематично данный механизм можно представить таким образом.

На определенном этапе эволюции Земли, в результате бурной дегазации внешнего ядра, флюидное давление в нем понизилось (до величины порядка 140 ГПа), уравновесившись с давлением, создаваемым верхними силикатными оболочками (6). В результате Земля превратилась в саморазвивающуюся систему, движущей силой которой стала кристаллизация (и наращивание) ее твердого Fe – Ni (внутреннего) субъядра за счет процессов, протекающих во внешней флюид-

ной оболочке [1, 3]. При этом тяжелые и тугоплавкие компоненты идут на строительство внутреннего твердого ядра, а более легкие в виде водородно-углеродных флюидов (с примесью разнообразных летучих – N, Cl, F, S, инертных газов и др.) отделяются от поверхности внешнего ядра Земли. Подобное возможно, когда накопление летучих и обособление их в массе расплава порождает возрастающую неустойчивость системы и выброс флюидных потоков за пределы внешнего ядра. Таким путем идет формирование плюма. Последние являются регуляторами термодинамической геодинамической машины Земли. При движении флюидных потоков к мантии они локально получают химические добавки, в результате чего возможно понижение температуры плавления в подошве мантии [4]. Таким образом, энергетический поток, идущий от внешнего ядра, разогревает вещество в самом глубоком слое мантии «Д» слое. Это с одной стороны подавляет конвекцию в жидком (внешнем) субъядре и является причиной инверсий магнитного поля Земли, а с другой – происходит утолщение «Д» слоя. Он становится неустойчивым и выбрасывает восходящие струи в верхние слои мантии. При этом характер плавления мантийного субстрата должен изменяться в сторону перехода мантийного вещества в отдельных участках в расплавленное состояние. Наиболее оптимальные условия для флюидного плавления являются глубины 80–110 км. Таким образом, импульсная дегазация ядра в условиях высоких температур и давлений приводит к формированию плюмов как самоорганизующихся систем.

В работе Добрецова и др. [4] показано, что в верхних слоях мантии могут существовать два “тугоплавких” слоя. Плюм, достигнув подошвы такого слоя “растекается” (выплавляется) вдоль нее с образованием грибообразной головы плюма. При этом плюм может прорваться в верхние горизонты земной коры и на поверхности Земли, в процессе ее эволюции. Безусловно, здесь возможны вариации механизмов. Так, в частности, когда кровля плюма достигает подошвы “тугоплавкого” слоя происходит плавление. Вдоль нее и на подошве этого слоя (граница “плюм-тугоплавкий слой”) формируется “химический” вторичный плюм вследствие разности плотностей расплава в плюме и пород над его кровлей. Вторичный плюм поднимается в “тугоплавком” слое от подошвы этого слоя до уровня, при котором происходит прорыв плюма на поверхности. При этом диаметр головы плюма достигает громадных размеров. Например, диаметр головы плюма для платобазальтовой провинции Мак-Кензи и ей подобных достигает 2000 км [4]. Безусловно, возможны и другие варианты миграции плюмов.

Таким образом, цикл начинается множеством восходящих потоков от границ раздела мантии. Затем потоки самоорганизуются, группируясь в небольшое количество крупных ячеек. Подъем плюмов приводит к сравнительно кратким периодам выделения огромной массы энергии и вещества в литосферу и на поверхность – периодом усиления тектономагматической активности. После исчерпывания ресурса плюма такой период затухает, а следующий наступает с подъемом нового флюидного потока. Этим обеспечивается автоколебательный характер процесса. При этом следует иметь в виду, что источники глубинного вещества могут возникать в разных частях верхней мантии, возможна перестройка конвективных ячеек, то есть разрушение старой (предыдущей) и формирование новой их системы. В данном случае, происходит движение плюма в иных участках литосферы. При этом системы глубинного породоминералообразования зарождаются и эволюционируют в связи с тектоническими дислокациями при взаимодействии флюидных потоков (плюма) с химическими добавками вмещающей среды. В бо-

лее верхних горизонтах земной коры осуществляется окисление флюидов (H_2 переходит в H_2O и т.д.) с выделением дополнительной энергии. Все это способствует развитию тектоногенеза, магматизма, метаморфизма. При этом во флюидных потоках развиваются реакции, генерирующие воду. Благодаря генерации водного компонента понижается температура плавления горных пород. Реакции способствуют развитию очагов магматизма в глубинных зонах, в том числе питающих вулканизм и формирование плутонических тел. Катастрофические периоды, порождаемые импульсами усиления дегазации внешнего флюидного ядра Земли совпадают с глобальными металлогеническими эпохами [1].

Литература

1. Блоксхам Д., Габинна Д. Эволюция магнитного поля Земли // В мире науки. 1990. № 2. С. 16-24.
2. Гаврилов В.П. Нефтегазоносность гранитов // Геология нефти и газа. 2000. № 6. С. 44-49.
3. Джинлоз Р. Земное ядро // В мире науки. 1983. № 11. С. 16-27.
4. Добрецов Н.Л., Кирдяшкин А.А., Кирдяшкин А.Г., Гладков И.Н. Параметры термодинамических плюмов и взаимодействие поднимающихся плюмов с литосферой // Актуальные проблемы рудообразования и металлогении. Новосибирск: Академич. Изд-во "Geo", 2006. С. 80-81.

ЦИКЛИЧНАЯ СОПРЯЖЕННОСТЬ НЕФТЕГАЗОБРАЗОВАНИЯ В КАСПИЙСКОМ БАССЕЙНЕ С ТЕКТОНО-МАГМАТИЧЕСКОЙ АКТИВИЗАЦИЕЙ КАВКАЗА

А.Д. Исмаил-Заде

Национальная Академия Наук Азербайджана, Институт геологии, пр. Г.Джавида, 29 А, Баку,
Az 1143, Азербайджан

Caspian oil and gas basin is confined to the field conjunction of the Eurasian and Afrarabian plates. Taking into account suboceanic crust and diverse nature complexes of sedimentary cover cyclicity is established for oil and gas formation correlated with the tectonic-magmatic activation in the region. There is the opinion of a onenes origin of a laterally-heterogeneous types of deposits and their affinity to deep submeridional fault in the foundation that ensures their fluid recharge.

Геолого-геофизическими исследованиями установлена гетерогенность Каспийского бассейна, обусловленная приуроченностью к стыку континентальных окраин Евразийской (ЕА) и Афраравийской (АА) платформ. Подобная структурная специфика обусловила разделение его на три неравнозначных по условиям формирования бассейна: Северный Каспий – приплатформенная часть ЕА (Прикаспийская впадина), Средний Каспий – окраинная часть ЕА и северный склон Большого Кавказа и Южный Каспий – зона сопряжения ЕА и АА плит, зона Альпийского складчатого пояса. Разнотипность структурного положения бассейнов сочетается с установленным для Северного и Южного бассейнов субокеаническим типом коры, утоненной до 8–12 км с редуцированным "гранитным" слоем и относительно приподнятой

границей М. (Вольвовский и др., 1975). Во всех трех бассейнах установлена промышленная нефтегазонасыщенность, отличающаяся по типу и масштабу проявления.

Северный Каспий характеризуется двухъярусным строением: доплитным – терригенно-карбонатный комплекс рифея и венда, мощностью 7–10 км, и плитным – мощный осадочный комплекс, достигающий в центральной части до 20–25 км с комплексами: подсолевым (палеозойский, ранне-средний девон), представленным карбонатной толщей, с которой связаны крупные нефтяные месторождения – Кашаган и Тенгиз и газоконденсатное–Архангельское; солянокупольным (кунгурский) обрамляющим южную окраину Прикаспийской впадины и надсолевым (юрско-меловой), также нефтеносным, прослеживаемым по всей площади бассейна (Яншин и др., 1977).

Средний Каспий, охватывающий морское продолжение Терско-Каспийского краевого прогиба и Туранской эпигерцинской плиты, представлен различными геоструктурными элементами, выполненными осадочным комплексом. Скопления углеводородов различного фазового состояния установлены в пределах платформенного (Прикумская нефтегазонасыщенная область) в диапазоне триас-олигоцен и складчатого (Предгорья Кавказа) склонов от мальма до миоцена. Основными нефтегенерирующими толщами являются нижнетриасовые и нижне-среднеюрские терригенные отложения. Окончательное формирование углеводородных скоплений связывается с неоген-четвертичным этапом альпийского тектогенеза. Поступающие из отложений юры углеводороды мигрируют в олигоценые ловушки (Мирзоев и др., 1998).

Южный Каспий выполнен преимущественно плиоцен-четвертичными отложениями, мощностью 10–12 км, при общей мощности осадочного чехла бассейна до 25–30 км. Основные ресурсы нефти и газа приурочены к акватории шельфа, прилегающего к Абшеронскому полуострову и Абшеронскому порогу, характеризующимся благоприятной литофацией коллекторов продуктивной толщи (ПТ) раннего плиоцена, а также комплексами верхнего плиоцена и эоплейстоцена – акчагыльского и абшеронского ярусов. Палеоген-миоценовые и мезозойские отложения на значительной части акватории Южного Каспия погружены на большие глубины и нефтеносность их связывается с наиболее приподнятыми тектоническими зонами – Северо-Абшеронским и шельфом Туркмении.

Комплексы осадочного чехла бассейнов на бортах континентальных окраин ЕА и АА плит представлены преимущественно терригенно-карбонатными образованиями различной геодинамической обстановки, возраста и литофации: на Северном Кавказе палеозоя – триаса, континентального склона и шельфа, а на Среднем Каспии – терригенные комплексы платформенного и складчатого склонов. На Южном Каспии в раннем плиоцене отмечается быстрое погружение. Сейсмостратиграфические разрезы позволяют установить, что формирование ЮКБ на альпийском этапе тектогенеза происходило на фоне интенсивных флюидовыделений (Гулиев, 2003).

Имевшее место в позднем плиоцене в ЮКБ новое погружение (Акчагыльская трансгрессия), сопровождалось заложением новых путей поступления флюидных потоков, прорывающих все комплексы ЮКБ. На региональных сейсмостратиграфических профилях устанавливаются крупные вертикально-ориентированные конусообразно вытянутые зоны. Корни этих зон приурочены к основанию «базальтового» слоя коры ЮКБ.

В подобном крупном прогибе, как ЮКБ, с тонкой консолидированной корой, быстрое погружение большой амплитуды без существенного растяжения могло произойти только за счёт сильного уплотнения пород в основании коры в процессе интенсивного прогревания их мантийными струями астеносферного диапира. Поэтому тонкая консолидированная кора, залегающая над разделом М в ЮКБ, сильно метаморфизованная под действием восходящих флюидов, очевидно, представляет собой остаточную верхнюю часть древней континентальной коры, сложенной сиалическими породами, и возможно, верхами «базальтового» слоя, со скоростью продольных волн 6,7–7,0 км/сек характерной для «базальтового» слоя. Подобные скорости Р-волн возникают на пассивных континентальных окраинах замыкающегося океанического бассейна, где сильные растяжения коры в большинстве случаев не отмечены, обычно наблюдается постепенное утонение «гранитного» слоя по направлению к океану, сопровождаемое подъемом кровли «базальтового» слоя.

Мантийные аномалии в основании ЮКВ в целом увязываются с мантийным астеносферным диапиризмом и, по всей вероятности, являются отражением мантийного плюма, имевшего место в раннеальпийскую стадию формирования Средиземноморского пояса (Исмаил-Заде, 2002). Факторами, подтверждающими это явление, служат «мантийные скорости» по данным сейсмотомографии (Якобсон, 1997), слой пониженных скоростей под поверхностью Мохо на глубинах свыше 40–60 км, наличие в коре ЮКБ мантийных диапиров; низкий тепловой поток, связанный с нестационарностью процессов некомпенсированного осадконакопления; повышенная малоглубинная сейсмическая активность в зонах краевых складчато-покровных поясов и низкая сейсмичность – в глубоководной части ЮКБ.

Кавказ, являющийся фрагментом Средиземноморской системы, в процессе геодинамической эволюции поэтапно принимал участие в тектономагматических активизациях – циклах, характерных для данной складчатой системы, сыгравших существенную роль в формировании нефтегазоносных комплексов Каспийского бассейна (Рустамов, 2005).

Герцинский цикл – проявлен на континентальных окраинах ЕА и АА платформ полными разрезами терригенно-карбонатных комплексов девон-карбон-перми и триаса; на ЕА плите они сопровождаются палеозойским (девон) Центрально-Азиатским вулканоплутоническим комплексом, а на АА плите возможная роль герцинского тектогенеза выражена в выпадении из разреза D-C-P-T отложений S_2 и S_3 , что позволило утверждать об активности ЕА и пассивности АА плит.

Киммерийский этап – проявлен во всех структурных зонах Кавказа; магматизм выражен биполярными, относительно Куринской впадины, островодужными вулканоплутоническими комплексами юры и раннего мела, выступающими по южному склону Большого Кавказа, Куринской впадине и по всему Малому Кавказу.

Альпийский этап – наиболее проявлен в южной части Малого Кавказа, образуя биполярные относительно Зангезурского геосва, островодужные вулканоплутонические комплексы раннего кайнозоя (P-N₁), наблюдаемые на Малом Кавказе – Кельбаджарской впадине и Ордубадском прогибе.

В формировании региона тектоно-магматические активизации играют существенную роль в становлении нефтегазоносных систем: обуславливают создание мантийных диапиров с высокой флюидодинамикой, формируют глубинные разломы, служащие путями продвижения флюидов и их локализации, создают на

определенных глубинах термобарические условия, способствующие переходу газообразного флюида в жидкую фазу.

В целом, нефтегазоносная система, как составная часть флюидодинамической системы складчатого пояса, имеет тесные связи с геодинамической эволюцией региона.

Подобная связь между нефтегазоносной флюидодинамикой и циклами (этапами) тектоно-магматической активизации Кавказа прослеживается и для рассматриваемых структур Каспийского бассейна:

- на Северном Кавказе нефтегазоносность палеозойского (ранний–средний девон) комплекса согласуется с началом герцинского цикла тектогенеза, сопровождаемого формированием вдоль Главного Кавказского хребта верхнепалеозойского Центрально – Азиатского вулканоплутонического пояса;

- на Среднем Каспии нефтегазоносность продуктивных триасовых и нижне-среднеюрских комплексов согласуется с началом киммерийского этапа, сопровождаемого юрским островодужным вулканоплутоническим поясом на Большом и Малом Кавказе; более поздняя плиоценовая активизация способствовала переаккумуляции их в структурные этажи миоцена;

- на Южном Каспии широкий интервал нефтегазоносности отложений от эоцена до квартала с преимущественным размещением их в нижнеплиоценовой продуктивной толще, связан преимущественно с альпийским этапом проявления тектоно-магматической активизации; однако не исключается возможность увязки начального этапа нефтегазовой флюидодинамики с киммерийским этапом активизации;

- в раннеальпийском периоде (K_1-K_2) возможно, вследствие преимущественного развития вулканогенных комплексов и отсутствия должных коллекторов, флюидо-выделение, не способствовало формированию крупных нефтегазоносных областей;

- в раннюю стадию позднеальпийского периода (P_1-N_1) в эоцен-миоценовых отложениях формируются нефтеносные области, сопровождаемые проявлением островодужных ВПП;

- в позднюю стадию позднеальпийского периода (N_2-Q) в связи с проявлением Агчагыльской тектоно-магматической активизации наблюдается вулканизм, сопровождаемый бурным флюидо-выделением, способствующим образованию газоконденсатных месторождений (возможно, Шах-Дениз и др.) и, как следствие, эоцен-миоценовые нефтеносные залежи мигрируют вверх в пределы сформировавшегося ранне-плиоценового бассейна, в коллекторы продуктивной толщи.

Приведенные данные позволяют утверждать о цикличности нефтегазообразования в Каспийском бассейне, коррелируемой с тектоно-магматической активизацией Кавказа.

Наблюдаемая связь нефтегазообразования с последовательно проявляющимися циклами (этапами) тектогенеза на Северном, Среднем и Южном Каспии согласуется с поэтапным продвижением на юг тектоно-магматической активизации на Кавказе, установленным в модели его геодинамической эволюции.

Полученные данные позволили констатировать генетическое единство разновозрастных латерально-гетерогенных месторождений нефти и газа Каспийского бассейна, приуроченных к региональному субмеридиональному разлому в фундаменте Баренцево-Каспийской нефтегазоносной зоны, обеспечивающему подток углеводородных флюидов, генерируемых мантийными диапирами астеносферного слоя и установить их возможную связь с тектоно-магматическими циклами формирования Кавказа.

Литература

1. Вольвовский И.С., Шлезингер А.Е. // Земная кора окраин материков и внутренних морей. М.: Наука. 1975. С. 43-55.
2. Гулиев И.С., Мамедов П.З. // Изв. НАНА. №3. 2003. №3. С. 139-146.
3. Исмаил-Заде А.Д. // Мантийные плюмы и металлогения. 2002. С. 102-104.
4. Миозоев Д.А., Шарфутдинов Ф.Г. Геология месторождений нефти и газа Дагестана. Махачкала, 1998.
5. Рустамов М.И. ЮКБ-геодинамические события и процессы. Баку, 2005. С. 344.
6. Якобсон А.Н. // Проблемы геотомографии. М.: Наука, 1997.
7. Янин А.Л., Артюшков Е.В., Шлезингер А.Б. // ДАН СССР. Геология 5. 1997.

ГИДРАТНАЯ ГИПОТЕЗА ПРОИСХОЖДЕНИЯ ЖИВОЙ МАТЕРИИ: ЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Е.А. Кадышевич*, В.Е. Островский**

*Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва 119017, Пыжевский пер. 3;
kadyshevich@mail.ru

**Научно-исследовательский физико-химический институт им. Л.Я. Карпова, Москва 105064,
ул. Воронцово поле 10; yostrov@cc.nifhi.ac.ru

The logical and thermodynamic grounds of the Life Origination Hydrate Hypothesis (LOH-hypothesis) are described. According to the hypothesis, living matter originated under the Earth surface in the methane-hydrate structure from methane, niters, and phosphates.

Гидратная гипотеза происхождения живой материи (Life origination hydrate hypothesis, ЛОН-гипотеза) является составной частью ОК-гипотезы (ОК – аббревиатура фамилий авторов). ОК-гипотеза развивается нами в течение около 10 лет и охватывает основные вехи трансформации природы от взрыва звезды, которая была предтечей современного Солнца, до возникновения простейшей живой материи на Земле. По нашему мнению, живая материя, подобная земной, может возникнуть только по предлагаемому нами механизму. По-русски ЛОН-гипотеза наиболее полно опубликована в [1], где имеются ссылки на наши более ранние работы. Дальнейшее развитие ЛОН-гипотеза получила в работах [2–4], а также – в [5], где принципы синтеза живой материи из минеральных веществ, предложенные в ЛОН-гипотезе, использованы для формулирования основ гипотетического физико-химического механизма процессов метаболизма современных живых клеток, включая митоз и двойное деление. ЛОН-гипотеза докладывалась на российских и международных физических, химических, биологических, геологических и специализированных конференциях, посвященных проблеме происхождения жизни, в более чем 25 аудиториях; около 20 докладов было сделано за границей, в том числе, в течение последних лет [6, 7].

Мы исходим из того, что в природе явления брутто-масштаба возникают и развиваются в результате термодинамически обусловленных, закономерных и неизбежных химических и физических превращений веществ, которые регулируются универсальными физическими и химическими законами. Процессы раз-

виваются поступательно в направлении уменьшения свободной энергии в каждой Вселенской подсистеме, которую можно приближенно рассматривать как изолированную. Именно благодаря направленности процессов люди в принципе способны мысленно пройти по пути природы в обратном направлении времени и выявить основные вехи ее движения.

Природа максимально проста в своих проявлениях. В известной нам литературе это фундаментальное положение было впервые высказано И. Ньютоном [8]. В природных субстанциях, которые мы называем живой материей, присутствуют в основном лишь пять из почти ста стабильных химических элементов – P, O, N, C и H, причем атомы этих элементов связаны между собой путем очень ограниченного числа комбинаций. Необходимой основой всего живого являются нуклеиновые кислоты – ДНК и РНК; именно их наличие обеспечивает воспроизводство каждого из видов живой материи и синтез белковых веществ. ЛОН-гипотеза включает предположение о том, что число химических веществ, которые были использованы природой для синтеза первых ДНК- и РНК-подобных веществ было минимальным, так как чем больше число веществ, тем менее вероятно их объединение в одном месте. В природе существует много веществ, которые могли бы реагировать с прекурсорами ДНК и РНК в процессе образования нуклеиновых кислот, но этого не произошло. Поэтому мы предполагаем, что в среде, в которой первые ДНК и РНК возникли, были только те вещества, из которых они образовались. Минимальное число веществ равно трем, и взаимодействовали они в среде четвертого вещества – воды, которая тоже участвовала во взаимодействиях.

Молекулы ДНК и РНК содержат реакционноспособные функциональные группы, которые, тем не менее, не подвергаются дальнейшим превращениям и, более того, их состав передается из поколения в поколение. Мы предполагаем, что рост этих групп ограничивается некоторой “клеткой”, в которой они образуются, и что эта “клетка” сопровождает функциональные группы в процессе их воспроизводства. “Клетками” являются структурные элементы воды в так называемых газовых гидратах.

Молекулы ДНК и РНК всех видов живой материи содержат структурные группы трех определенных типов (азотистые основания (N-основания), рибозы и остатки фосфорной кислоты), которые чередуются в определенной последовательности. По нашему мнению, такая структура ДНК и РНК является следствием существования трех типов структурных элементов воды.

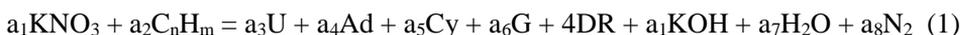
Монохиральность нуклеиновых кислот является загадкой с момента открытия этого свойства Л. Пастером. Оно обусловлено наличием в составе ДНК и РНК только правовращающих рибоз, хотя право- и лево-вращающие рибозы не отличаются ни по химическому составу, ни по термодинамическим функциям и синтезируются обычно почти в эквимолекулярном соотношении. По нашему мнению, такой “отбор” можно объяснить только образованием ДНК и РНК внутри структурной матрицы; ЛОН-гипотеза объясняет монохиральность именно на этой основе.

Согласно ЛОН-гипотезе, простейшие элементы живой материи (ПЭЖМ) возникли и, возможно, возникают в наши дни из CH_4 (или других метановых углеводородов), нитратов и фосфатов под поверхностью Земли или под морским дном внутри сотовых структур гидратов углеводородов, наиболее вероятно – гидрата CH_4 , а протоклетки возникли в бульоне, образовавшемся в результате расплавления гидратной структуры, инициированного повышением температуры или диффузией избытка воды.

Последовательность процессов, которые привели к образованию протоклеток, показана на схеме.



Нами в общем виде рассмотрена термодинамика реакции получения набора N-оснований и рибоз, необходимых для синтеза РНК из селитры и углеводородов метанового ряда [3]. Записав реакцию в виде



(U, Ad, Cy, G и DR – урацил, аденин, цитозин, гуанин и d-рибоза соответственно) и используя опубликованные в последние 15 лет данные о термодинамических функциях соответствующих веществ, мы рассчитали изменения стандартной свободной энергии Гиббса для получения полного набора прекурсоров, необходимых для синтеза РНК из селитры и различных углеводородов метанового ряда при различных значениях

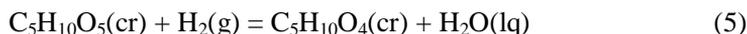
$$r = (a_3 + a_4) / (a_5 + a_6) \quad (2)$$

и с учетом того, что

$$a_3 = a_4; a_5 = a_6. \quad (3)$$

Показано, что полный набор прекурсоров для синтеза РНК может быть получен из различных углеводородов и селитры за счет внутренней энергии исходных веществ без притока внешней энергии. Например, значения $\Delta_r G^0$ (кДж/моль) для реакции между селитрой и CH_4 при $r = 0.0625, 1.00$ и 16.0 равны $-8227, -8281$ и -8336 соответственно, а для реакции между селитрой и C_2H_6 при $r = 0.0625, 1.00$ и 16.0 равны $-6050, -6104$ и -6159 соответственно. Значения изменения $\Delta_r G^0$ отрицательны и столь велики по абсолютной величине, что замена KNO_3 на NaNO_3 , а также изменения реакционных условий или соотношения между исходными веществами в очень широких пределах не могут сделать их положительными. Не может быть сомнений в том, что реакции конденсации между азотистыми основаниями, рибозой и фосфатом, в которых выделяется вода, протекают с убылью свободной энергии. Поэтому ясно, что термодинамически вполне возможно получение РНК из углеводородов, нитрата и фосфата без внешней энергии молний, геотермических источников и т.п. Что касается скорости реакций, то известно, что реакции Коновалова между нитратами и метановыми углеводородами протекают быстро при $400\text{--}450\text{ K}$, а природе некуда спешить, так что можно ожидать, что вблизи $250\text{--}300\text{ K}$, в условиях существования газовых гидратов, они тоже будут протекать, хотя и с значительно меньшей скоростью.

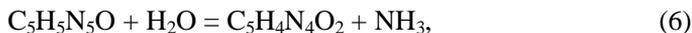
На основании термодинамического рассмотрения [3] реакций



был сделан вывод, что в системах, где присутствуют d-рибоза и N-основания Ad, U, Cy и G, нужные для синтеза РНК, образуется также и дезокси-d-рибоза и Th,

нужные для синтеза ДНК, и что соотношения компонентов должны зависеть от внешних условий.

На основании рассмотрения термодинамики реакции гидролиза гуанина



для которой получено $\Delta G^0) = 7.32 \text{ kJ/mol}$, показано, что в стандартных условиях в присутствии гуанина ксантин не должен существовать в бульоне, но положительное изменение $\Delta G^0)$ невелико по абсолютной величине и поэтому в каких-то условиях примеси ксантина должны входить в состав ДНК и РНК, что иногда наблюдается.

В пользу гипотезы свидетельствуют опубликованные результаты независимых наблюдений за явлениями природы.

Существенной особенностью гипотезы являются описания возможностей ее экспериментальной проверки на основе компьютерных и лабораторных экспериментов.

Литература

1. *Островский В.Е., Кадышевич Е.А.* // Успехи физ. наук. 2007. № 177. С. 183.
2. *Ostrovskii V.E., Kadyshevich E.A.* // Thermochim. Acta. 2006. V. 441. P. 69.
3. *Kadyshevich E.A., Ostrovskii V.E.* // J. Therm. Anal. Calor. 2009. V. 95. P. 571.
4. *Островский В.Е., Кадышевич Е.А.* // Химия и жизнь - XXI век. 2009. №5. С. 24.
5. *Kadyshevich E.A., Ostrovskii V.E.* // Thermochim. Acta. 2007. V. 458. P. 148.
6. *Kadyshevich E.A., Ostrovskii V.E.* // The 5th International and 7th China-Japan Joint Symposium on Calorimetry and Thermal Analysis, Dalian, China, 2008 // The 2nd Intern. Conf. on "Advances in Petrochemicals and Polymers" (ICAPP2007), Bangkok, Thailand, 2007.
7. *Ostrovskii V.E., Kadyshevich E.A.* // XII Evolutionary Biology Meeting, Marseille, France, 2008; IV Intern. Conf. on the Origin of Life, Florence, Italy, 2008 // Intern. Workshop on Chem. Evolution & Origin of Life, Roorkee, India, 2010.
8. *Ньютон И.* Математические начала натуральной философии. Т. II // Пер. с лат. А.Н. Крылова. М.: Наука, 1989.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ АСТРАХАНСКОГО СЕРОГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (С ПОЗИЦИИ НЕЛИНЕЙНОЙ ГЕОДИНАМИКИ)

Э.Р. Казанкова, Н.В. Корнилова

ИПНГ РАН, г. Москва

Геодинамический подход к изучению осадочных бассейнов на протяжении последней четверти XX и начала XXI веков существенно изменил представления об их строении, эволюции и нефтегазоносности. Геодинамические процессы земной коре создают условия для движения флюидов, обуславливают пространственно-временную неустойчивость, напряженно-деформированное состояние осадочного чехла и приводят к образованию ослабленных проницаемых зон. Геодинамические эффекты могут быть кратко-, средне- и долгосрочными, обусловленными природными и техногенными процессами.

Оценка геодинамического состояния геосфер является одним из основных научно обоснованных прикладных направлений для прогнозирования напряженно-деформированного состояния среды на глобальном, региональном и локальном уровнях. Процессы, составляющие и сопровождающие геодинамические явления протекают не в изолированной системе, а в полях напряжений Земли разных рангов. Под полем напряжений в данной работе понимается квазистационарная составляющая суммарного поля сил разной природы, действующих в геологической среде, или, пространственно-организованная совокупность всего сосредоточенного в данной точке природных механических, физико-химических, термодинамических и других процессов, обобщенно отражающая динамику всех физических полей и излучений, определяющих динамическую структуру Земли в данной точке с некоторой степенью адекватности. Она образует неразрывную систему полей напряжений разных рангов, взаимосвязанных в определенных объемах геологической среды (Казанкова, 1997).

Геометрически сеть полей напряжений будет продолжаться без конца совершенно гармоничная и полностью голографичная в каждом фрагменте. То есть ситуация без начала и без конца, именно такое понимание позволило сделать некоторые научные открытия, такие как теория создания безграничного банка памяти компьютера, который с точки зрения традиционного математического мышления считался невозможным. Поля напряжений неотделимы от других физических реальностей и не могут считаться ни внутренними, ни внешними по отношению к любой изолированной системе. Эти поля имеют природу, связанную с кручением пространства и представляют собой единое фрактальное семейство, повторяющее свою геометрию на различных масштабных уровнях. Векторы поля напряжений, проходя в течение геологической истории по одной и той же трассе, меняют направление, контролируя соответственно разновозрастные вещественные комплексы. Энергия может подниматься и опускаться соответственно по восходящему и нисходящему направлению векторов поля напряжений, но энергия всегда движется по спирали.

Изменение направления векторов крупных рангов определяет геодинамическое состояние земной коры. На изменение геодинамического состояния земной коры одинаково реагирует флюидная система по всей толще осадочного чехла в пределах действия векторов определенного ранга.

Моделирование нелинейных процессов в полях напряжений является оправданным, так как позволяет исследовать динамические эффекты, которые в масштабе геологического времени не могут быть изучены ни прямыми, ни косвенными методами, а их проявление связано с диссипативными структурами.

На основе анализа современных нелинейных геодинамических процессов, происходящих в коре и мантии для территории Восточно-Европейской платформы были определены каналы, обуславливающие особенности флюидодинамических режимов, участки сдвиговых смещений, растягивающих напряжений и напряжений сжатия и было установлено, что южная часть Прикаспийской синеклизы, к которой приурочено Астраханское серогазоконденсатное месторождение (АСГКМ), расположена в участках возможного возникновения короткопериодных деформаций, связанных с преобладанием напряжений сжатия (Казанкова, Сигачева, 1996)

Установлена связь формирования геологических структур с флюидным режимом Прикаспийской нефтегазоносной провинции, обуславливающим углеводо-

родные скопления. Астраханское серогазоконденсатное месторождение, открытое в 1976 году, представляет собой равновесную неустойчивую систему. Темпы отбора обусловлены целым рядом факторов. Прежде всего, большой глубиной залегания углеводородов, сложными условиями добычи и повышенным содержанием токсичных примесей, что требует повышенных мер безопасности при добыче сырья и делает невозможным его дальнейшее использование без его первичной очистки.

Астраханское серогазоконденсатное месторождение открыто в карбонатах башкирского яруса, залегающих на глубинах 3900–4100 м, и является уникальным по запасам и составу флюидной системы. Залежь массивного типа, для нее характерны АВПД (63 МПа), пластовые температуры составляют 105–110 °С. Газ имеет уникальный состав (%): в нем присутствует 50–55 УВ (в том числе 46–53 метана), 23 сероводорода, 20 углекислого газа, до 2 азота. Сложность флюидной системы и особенно высокая насыщенность серой создают значительные трудности в отработке месторождения (Орлов, Воронин, 1999). Вскрытые глубокими скважинами в пределах Астраханского свода, карбонатные разрезы отличаются чрезвычайной пестротой и зачастую трудно сопоставимы (Волож, Парасына, 2008). Флюидоупором залежи служат глинисто-кремнисто-карбонатные породы нижнепермских отложений, которые перекрыты соленосной толщей кунгурского яруса мощностью до 3–3,5 км (Абилхасимов, 2009).

Напряженно-деформированное состояние АСГКМ обуславливает развитие флюидодинамических процессов в объеме всей структуры. Изменение направления векторов поля напряжений разных рангов определяет геодинамический режим, который контролирует флюидодинамику осадочного чехла АСГКМ на всех уровнях.

Установлено, что Астраханское серогазоконденсатное месторождение сформировано в условиях действующих на него в течение длительного времени с глубины более 180 км преимущественно восходящего вектора поля напряжений. Это не противоречит результатам исследований А.В. Горбатикова (2008) по микросейсмическому зондированию земной коры и установлению им на территории Астраханского серогазоконденсатного месторождения глубинной питающей системы.

Таким образом, определены подсистемы главной системы напряжений более низких порядков, приуроченных к глубинам 84,9 км, 42,5 км, 21,2 км, 10,6 км, 5,32 км и т.д.

Области пересечения векторов максимальных и минимальных напряжений являются участками перестройки напряжений в земной коре, характеризующиеся возникновением короткопериодных деформаций, с преобладанием вертикальных движений и сдвиговых смещений, разными по степени воздействия. В разрезе эти участки характеризуются изменением фациального (наблюдается замещение проницаемых пород плотными разностями) или литологического состава пород (увеличение глинистости пласта, а в некоторых случаях полное его замещение). Эти области формируют и контролируют геодинамически активные зоны, с ними связаны вертикальная и горизонтальная миграция флюида.

В полях напряжений разных рангов в пределах Астраханского газоконденсатного месторождения установлены области геодинамической неустойчивости (рис. 1), приуроченные к областям пересечения векторов максимальных и минимальных напряжений.

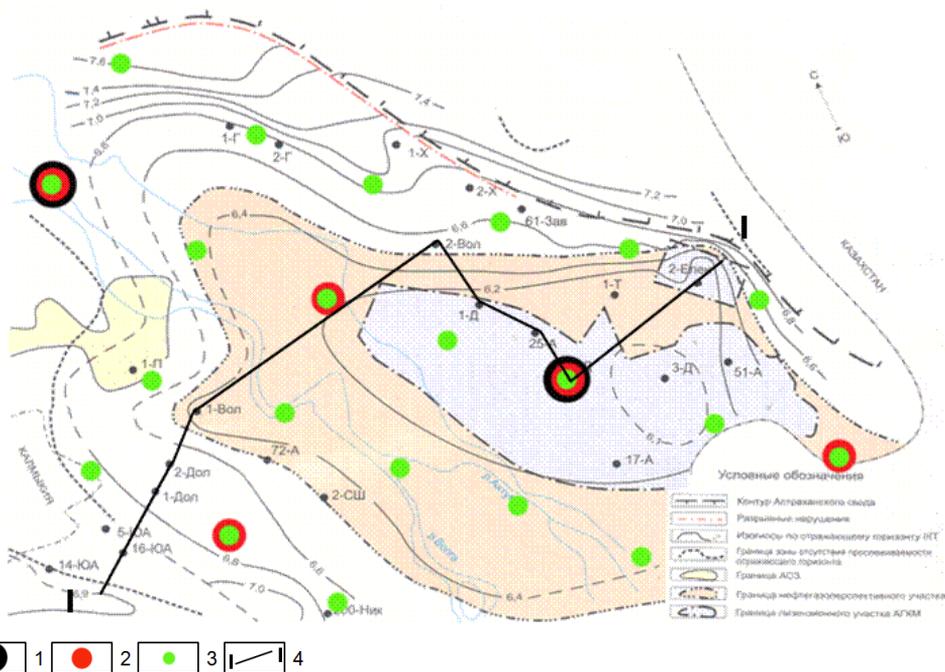


Рис. 1. Схематическая карта геодинамической неустойчивости геолого-геофизической среды Астраханского СГКМ для нулевой поверхности относительно уровня моря, Казанкова Э.Р., Корнилова Н.В., 2009 г. (Составлена на основе структурной карты Левобережного поднятия по отражающему горизонту «ПП»», под редакцией Ю.А. Воложа, В.С. Парасыны, 2008): Участки геодинамической неустойчивости и возможного возникновения вертикальных движений: 2 – на глубине 84,9 км; 3 – на глубине 42,5 км; 4 – на глубине 21,2 км; 5 – линия геологического профиля

Находясь в постоянном движении, геолого-геофизическая среда концентрирует деформации и напряжения в участках пересечения векторов, характеризующихся, как правило, избыточными напряжениями. Накопление напряжений идет непрерывно, а разрядки напряжений происходят дискретно.

На рисунке 2 показана двумерная структура поля напряжений в векторном отображении в условиях действия, преимущественно восходящего вектора с глубины более 42,5 км.

Определены уровни, приуроченные к ослабленным проницаемым зонам, расположенные между участками пересечения векторов максимальных и минимальных напряжений, действующих с одной глубины, т.е. относительно геодинамически устойчивые, благоприятные для аккумуляции углеводородов и размещения геодинамических ловушек. Благоприятные уровни для формирования залежей в объеме всей структуры АСГКМ в целом расположены на глубинах 5,32 км и 10,6 км.

В динамике флюидного режима Астраханского серогазоконденсатного месторождения находит отражение неустойчивое напряженно-деформированное состояние земной коры, зоны пересечения векторов совпадают в плане с участками геодинамической неустойчивости.

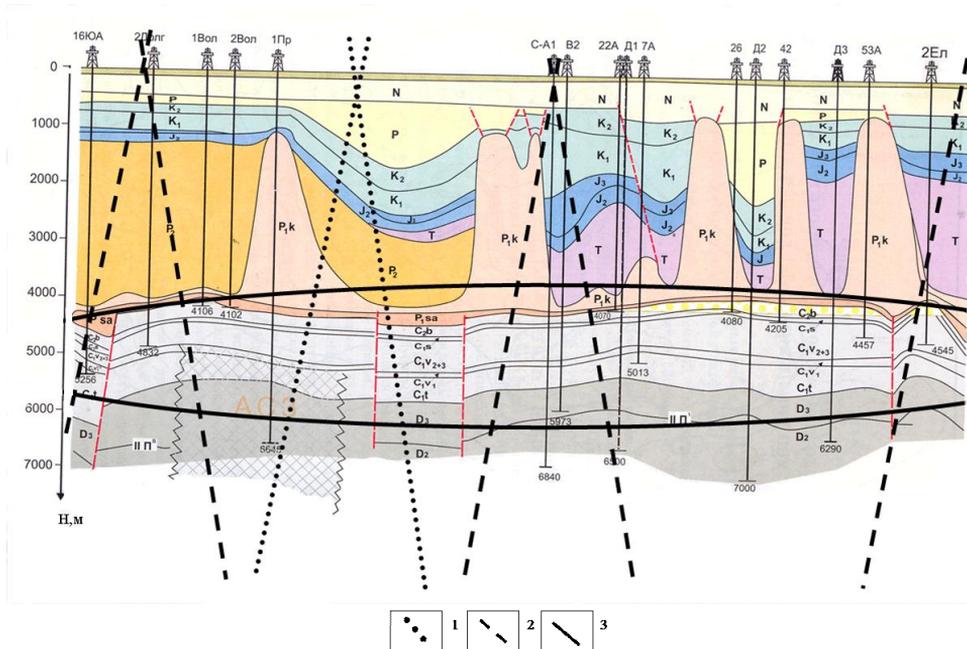


Рис. 2. Двухмерная модель структуры поля напряжений Астраханского ГКМ, Казанкова Э.Р., Корнилова Н.В., 2009 г. (составлена на основе геологического разреза по линии скважин Южно-Астраханское-16 – Еленовская-2; Астраханский карбонатный массив: Строение и нефтегазоносность. Под редакцией Ю.А. Воложа, В.С. Парасыны, 2008): векторы касательных напряжений, действующих с глубин: 1 – 42,5 км; 2 – 21,2 км; 3 – область благоприятная для скопления флюида

Подобный механизм формирования геологических структур установлен на Восточно-Европейской, Сибирской платформах, и в других районах, что не противоречит результатам исследований многих талантливых ученых.

ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ ГЛУБИННЫХ ГАЗОВ

Т.В. Карасева, Г.И. Титова, С.Г. Попов, В.И. Горбачев*

ОАО «КамНИИКИГС», *ОАО НПЦ «Недра»

The article is devoted to the isotope composition of hydrocarbon and inert deep gases of the En-Jahinskaya well. Questions concerning connection between gas genesis and influence of abnormal pressure are examined

Целью настоящих исследований являлось выявление факторов формирования газового потенциала на больших глубинах по изотопным данным на примере сверхглубокой Ен-Яхинской скважины (8250 м), пробуренной в основном газоносном регионе России – на севере Западной Сибири. Используются данные по изотопии углерода газов разных форм: слабо связанных породами – газами открытых пор (ГОП), а также свободных газов буровых растворов (ГВС) и газов,

полученных при испытаниях. Изотопные исследования выполнены в ГЕОХИ РАН и ВСЕГЕИ. В результате бурения Ен-Яхинской скважины (СГ-7) выявлены высокая насыщенность углеводородными газами глубинного разреза, распространение аномальных пластовых давлений с коэффициентом аномальности до 2,0 МПа/100 м в широком диапазоне глубин (3600–8250 м), развитие глубинных коллекторов, как в терригенных, так и в эффузивных породах.

Изотопный состав углерода метана (ИСУ) газозвудушных смесей (ГВС) на глубинах от 3,8 до 7,9 км обнаружил бимодальный характер распределения $\delta^{13}\text{C}$ = -57,4–43,6 ‰ и -29,1–22,7 ‰), что не поддается объяснению с точки зрения существующих теорий. В качестве предположения подходит контаминация биотой глубинного газа, скорее всего, осуществленная на поверхности при отборе пробы, однако непонятно, почему облегчение наблюдается только газов ниже 6,5 км. Может быть это связано с эффектом облегчения газов, образовавшихся при термодеструкции нефтей? С другой стороны, нам могут быть неизвестны изотопные эффекты, возможно протекающие в области высоких температур и АВПД и ответственные за наблюдаемую дифференциацию.

Изотопные исследования других компонентов газов ГВС несут более конкретную, без неожиданностей, информацию. Так, изотопный состав углерода CO_2 изменяется в диапазоне $\delta^{13}\text{C}$ от -15,1 до -21,6 ‰, что указывает на преобразование угольного материнского вещества, как источника. Скорректированное на воздушную компоненту отношение $^3\text{He}/^4\text{He}$ составляет $13 \cdot 10^{-8}$ и соответствует в основном коровому гелию. Комплексные данные по инертным газам зафиксировали слабое (~1 %) влияние мантийных флюидов, содержание мантийного гелия не более 1 %.

В отличие от ИСУ метана газозвудушных смесей, изотопный состав углерода метана газов *интервалов испытаний* более определенно демонстрирует зависимость $\delta^{13}\text{C}$ от глубины залегания (и степени преобразованности ОВ). При рассмотрении изменения изотопного состава углерода метана газов испытаний по разрезу Ен-Яхинской СГ-7 и скважин района бурения можно выделить некоторую зональность. Верхняя зона, приуроченная к меловым отложениям характеризуется широким диапазоном изменения ИСУ метана (от -65 до -40 ‰) соответствует субгидростатическим пластовым давлениям. Зона, включающая подошвенную часть нижнемеловых отложений, верхне- и среднеюрские породы имеет более узкий диапазон изменения ИСУ (в основном от -45 до -38 ‰) с увеличением доли тяжелого изотопа углерода; она соответствует интервалам с аномальными пластовыми давлениями, при этом коэффициент аномальности находится в пределах 1,3–1,7 МПа/100 м. Наконец, нижняя наиболее погруженная зона, приуроченная к нижнеюрским, триасовым и пермским отложениям, характеризуется наибольшей обогащенностью тяжелым изотопом и незначительным диапазоном изменения изотопного состава углерода метана (от -35 до -27 ‰). Зона соответствует интервалам разреза с коэффициентами аномальности давлений порядка 1,7–2,0 МПа/100 м.

Изотопный состав азота определен в пяти пробах газов испытаний в широком диапазоне глубин (от 4 до 7 км). Получены достаточно близкие и преимущественно отрицательные значения $\delta^{15}\text{N}$ в диапазоне от -0,1 до -3,4 ‰, что по Э.М. Прасолову (1980) указывает на его зарождение в терригенных коллекторах. В таком случае азот пробы с глубины 7024–7163 м магматических пород может рассматриваться как эпигенетичный.

Изотопия инертных компонентов (гелий, неон, аргон) в пластовых газах также свидетельствует о слабом влиянии мантийных флюидов ($< 1\%$) и только в интервале 6539–6537 м оно более существенное (${}^3\text{He}/{}^4\text{He} = 98 \cdot 10^{-8}$), однако степень этого влияния, оказалось, определить невозможно из-за мешающего влияния воздушного гелия.

Большой интерес в интерпретации изотопных данных представляют результаты изучения газов *открытых пор пород*, т.е. слабо сорбированных минеральной матрицей. Подобные исследования практически не встречаются. Получен широкий спектр значений изотопного состава углерода метана в газах открытых пор ($\delta^{13}\text{C}$ от $-48,46$ до $+7,57\%$), в том числе и два весьма изотопно тяжелых значения. Из других индивидуальных газов удалось определить только ИСУ CO_2 в образце пурской свиты (гл. 6151,73 м). Значение $\delta^{13}\text{C} = 16,9\%$ не оставляет сомнений в источнике углерода CO_2 – высокопреобразованном углистом материнском веществе.

Изотопный состав гелия, неона и аргона в микровключениях и закрытых порах был определен только для глубинной части (ниже 6 км) разреза СГ-7. Незначительное влияние мантийного гелия зафиксировано только для образца аргиллита и микродолерита. По соотношению ${}^4\text{He}/\text{Ar rad}$ (< 1) в аргиллите несколько выше доля мантийного гелия. По соотношению ${}^{40}\text{Ar}/{}^{36}\text{Ar}$ в этом образце, обогащенном аргоном, повышено содержание мантийного аргона. Влияние глубинного аргона также отмечается и для газов других образцов. Считается, что радиоактивный изотоп ${}^{40}\text{Ar}$ образуется в основном в мантии, где соотношение ${}^{40}\text{Ar}/{}^{36}\text{Ar}$ прогнозируется в пределах 4000–26000. Отношение ${}^4\text{He}/{}^{20}\text{Ne}$ повышается в магматических породах, что указывает на снижение доли воздушных газов. В воздушном неоне содержится 90,92 % стабильного изотопа ${}^{20}\text{Ne}$ (Прасолов Э.М., 1990).

Таким образом, большинство полученных результатов по изотопии углерода метана газов разных форм не противоречит известной закономерности утяжеления ИСУ метана с глубиной, хотя появление нескольких изотопно легких значений требует пояснений. Кроме того, из анализа распределения изотопов гелия по глубине выяснено ограниченное влияние на глубокие горизонты мантийных флюидов. Предполагается, что формирование изотопного состава углерода газов на больших глубинах имеет свои особенности, связанные с меньшим эффектом смешения газов разной генерации, интенсивной адсорбцией метана, обогащенно-го тяжелым изотопом углерода, в углистых пластах, а следовательно, возможностью обогащения свободного метана легким изотопом углерода. Большинство изотопных данных свидетельствует о том, что УВ газы в разрезе Ен-Яхинской скважины сформировались в триас-юрских газоматеринских породах, находящихся в различных геотермальных условиях газогенерации.

ПРИЗНАКИ НЕФТЕНОСНОСТИ РАЗЛОМОВ В ПРОДУКТИВНЫХ КОМПЛЕКСАХ ВОСТОЧНОГО СКЛОНА ЮЖНО-ТАТАРСКОГО СВОДА

Г.П. Каюкова, Г.В. Романов, И.П. Зинатуллина*, Р.Р. Исламова*

ИОФХ им. А.Е.Арбузова КазНЦ РАН, КГУ*, Казань, Россия

Studies of organic matter of rocks and oils as an example Muharmetovskogo deposit located the near-fault zone between the junction productive systems of the sedimentary cover and basement on the eastern slope of the South-Tatar arch shows a cross-cutting of migration in porous rock of the deposit of petroleum hydrocarbons through the open vertical cracks and fractured areas of the basement rocks.

В тектоническом плане по поверхности кристаллического фундамента район исследования приурочен к геодинамически мобильной рифтогенной зоне сочленения юго-восточного склона Южно-Татарского свода и Серноводско-Абдулинского авлакогена [1–3]. Геофизическими исследованиями подтверждено представление о блоковом строении кристаллического фундамента. Блоки имеют ориентировку сопряженных с ними разломов и грабенообразных прогибов и осложнены многочисленными мелкими дизъюнктивными нарушениями. Вдоль прогибов открыты группы малых месторождений – спутников одного из крупнейших на территории Татарстана Ромашкинского месторождения, развиты битумопроявления. В терригенном девоне юго-востока Татарстана сконцентрировано около 40 % выявленных запасов. Помимо, крупного Бавлинского месторождения, они сосредоточены на мелких залежах, неравномерно распределяющихся по площади и разрезу.

Объектом исследования служило Мухарметовское месторождение [2] в региональном плане, расположенное на восточном склоне Южно-Татарского свода, севернее Бавлинского месторождения, и приуроченное к тектонически активной зоне пересечения трех разломов: Булатовского – северо-восточного направления и двух субмеридиональных – Потаповско-Огареловского и Курайлинского. В пределах площади месторождения последние осложнены большим числом локальных поднятий – структурами третьего порядка, которые и контролируют все выявленные здесь залежи нефти. Основной объект поисково-разведочных работ монолитный пласт D_1 в пашийских отложениях верхнего девона, представленный песчаниками мелкозернистыми и алевролитами и разделенный на пропластки, как и на Ромашкинском месторождении. В районе данного месторождения пашийские отложения залегают непосредственно на породах фундамента.

На данном месторождении И.П. Зинатуллиной по разрезу скв. 40090 выявлены трещины тектонического характера, прослеживающиеся по фундаменту в гнейсах серо-черного цвета и далее вверх по разрезу, как в терригенных, так и карбонатных породах. Протяженность открытой вертикальной трещины составляет 1,5 м. Стенки скола с небольшими шероховатыми бороздками, гладкие, вторичных изменений не наблюдается. В осадочной толще встречены куски песчаника очень плотного, окварцованного со следами запечатанной нефти, разбитого тектоническими трещинами под углом 45° , 90° с небольшими уступами. В пашийском горизонте встречен песчаник глинистый, слабосцементированный с взмученно-линзовидной слоистостью с включением углистого материала, расколотого под углом 45° . Вдоль тектонических нарушений в терригенных породах среднего и верхнего девона выявлены зоны раз-

витий макро- и микротрещиноватости субвертикального направления, выше по разрезу в карбонатных отложениях девона и карбона породы также подвергаются процессам трещиноватости с небольшим смещением от разломных зон.

Как следует из приведенных данных (таблица) по разрезу пашийских отложений и фундамента скв. 40090, расположенной в трещиноватой зоне Мухарметовского месторождения продуктивные слои в интервале 1715–1731 м с признаками промышленной нефтеносности (PI выше 0,5) чередуются с пропластками с низким индексом продуктивности. Низкое содержание $C_{орг}$ (0,03–0,1 %) отмечается в породах фундамента, в то время как выход хлороформенного битумоида (ХБА) из данных пород сопоставим с породами осадочного чехла. В переходной зоне от осадочного чехла к фундаменту наблюдается снижение индекса продуктивности пород PI от 0,64 до 0,31. Результаты анализа пород методом Рок-Эвал свидетельствуют, что органическое вещество в трещиноватых зонах пород, как фундамента, так и осадочного чехла представлено эпигенетическими битумоидами, которые по своей природе являются остаточными компонентами миграционных нефтей.

Содержание масел в песчано-алевролитовых породах осадочного чехла изменяется от 16,1 до 53,0 %. Заметные вариации наблюдаются и в содержании асфальтенов (22,9–6,0 %) и спирто-бензольных смол (26,3–14,0 %). Общее содержание смол изменяется от 41 до 61 %. Состав экстрактов из пород фундамента близок к битумоидам из пород осадочного чехла.

Исследованные нефти из пашийского, бобриковского и кизеловского горизонтов (скважины 40005, 40085 и 40088) данного месторождения близки по плотности (0,8898–0,9094 г/см³) и компонентному составу (содержание масел 58,2–65,3 %), независимо от возраста вмещающих их отложений. Содержание общей серы в них изменяется от 1,67 до 3,08 %. Несмотря на низкое содержание в их составе асфальтенов (2,0–2,9 %), они относятся к тяжелым и сернистым нефтям. Можно полагать, что нефти являются частично выветренными.

Таблица. Результаты битуминологического анализа образцов керна из скв. 40090 Мухарметовского месторождения восточного склона Южно-Татарского свода

№ пп	Возраст	Интервал отбора, м	НОП, %	$C_{орг}$ %	ХБА	Параметры пиролиза			PI
						S_1 , мг/г	S_2 , мг/г	T_{max} , °C	
1	D ₃ psh	1715-1721 (м.в. 2,2)	93,3	0,33	0,009	0,23	0,35	385,8	0,40
2	D ₃ psh	1715-1721 (м.в. 2,6)	99,0	0,37	0,30	1,71	1,28	405,7	0,57
3	D ₃ psh	1715-1721 (м.в. 4,0)	98,3	1,29	1,91	8,75	4,85	419,2	0,64
4	D ₃ psh	1721-1726 (м.в. 1,5)	95,0	0,37	0,02	0,25	0,32	327,4	0,44
5	D ₃ psh	1726-1731 (м.в. 1,0)	95,8	0,80	1,61	7,03	3,94	417,8	0,64
6	AR-PR	1726-1731 (м.в. 3,0)	90,0	0,10	0,017	0,16	0,33	425,9	0,33
7	AR-PR	1806-1812 (м.в. 2,3)	84,0	0,03	0,063	0,15	0,33	359,1	0,31

* Индекс продуктивности $PI = S_1/S_1+S_2$

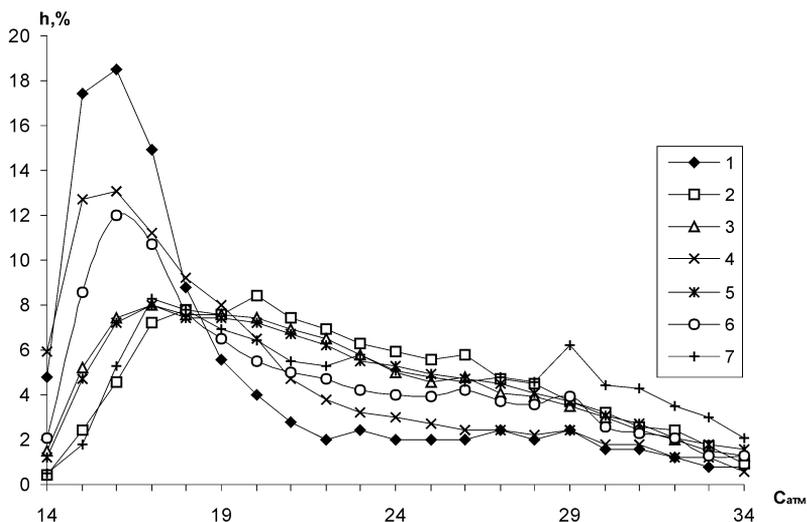


Рисунок. Распределение н-алканов в ХБА из пород по разрезу скв. 40090 Мухарметовского месторождения: 1–7 – номера исследованных образцов (см. табл.)

Распределение н-алканов в породах фундамента и осадочной толщии вверх по развитию тектонической трещины характерно для мигрирующих систем (рисунок), что проявляется в характерном изменении их молекулярно-массового состава и распределения: наблюдается закономерное возрастание вверх по разрезу содержания легких н-алканов состава $n\text{-C}_{14}\text{-n-C}_{21}$ на фоне снижения концентрации более тяжелых их гомологов ($> n\text{-C}_{22}$). Отношение пристан/фитан изменяется в пределах 0,56–0,99, что характерно для органического вещества морского генезиса.

Состав полициклических биомаркерных углеводов (стеранов и терпанов) и закономерности их распределения по разрезу пашийских отложений и пород фундамента данного месторождения, так же как и данные ГЖХ, подтверждает генетическую общность флюидов в зоне дизъюнктивных нарушений осадочного чехла и фундамента. На это указывают высокие значения показателей DIA/REG (0,54–0,69) и Ts/Tm (0,70–0,99), позволяющие отнести исследованные флюиды к одному и тому же типу II, генерированному органическим веществом глинистых минералов. Данный тип флюидов широко распространен в отложениях среднего девона крайнего юго-востока территории Татарстана [4].

Таким образом, результаты исследований органического вещества пород и нефтей Мухарметовского месторождения, расположенного в приразломной зоне сочленения продуктивных комплексов осадочного чехла и фундамента на восточном склоне Южно-Татарского свода, свидетельствуют о сквозной миграции в проницаемые породы данного месторождения нефтяных углеводов через открытые вертикальные трещины и трещиноватые зоны пород фундамента. Высокое содержание смол и асфальтенов в экстрактах из пород обусловлено потерей легких фракций и остаточным накоплением тяжелых смолисто-асфальтеновых компонентов на путях миграции флюидопроводящей системы.

Литература

1. Войтович Е.Д., Гатиятуллин Н.С. Тектоника Татарстана. Казань: КГУ, 1998. 139 с.
2. Нефтегазоносность республики Татарстан. Геология и разработка нефтяных месторождений / Р.Х. Муслимов, Р.Г. Абдулмазитов, Р.Б. Хисамов и др. Под ред. проф. Р.Х. Муслимова. В 2-х томах. Т. 2. Казань: Фен АН РТ, 2007. 524 с.
3. Ларочкина И.А. Геологические основы поисков и разведки нефтегазовых месторождений на территории Республики Татарстан. Казань: ООО «ПФ»Гарт», 2009. 210 с.
4. Каюкова Г.П., Зинатуллина И.П., Романов Г.В. и др. Особенности состава нефтей и битумов из трещиноватых зон продуктивных пластов Матросовского месторождения. Геология нефти и газа. 2004. № 5. С. 44-52.

ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА И ПОРОДООБРАЗУЮЩИХ МИНЕРАЛОВ ФУНДАМЕНТА РОМАШКИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Г.П. Каюкова¹, А.М. Киямова¹, Г.В. Романов¹, Л.М. Ситдикова¹,
Э.А. Каралин²

¹ ИОФХ КазНЦ РАН, КГУ, ² КГТУ; kayukova@iopc.knc.ru, Казань, Россия

Investigation of products of hydrothermal transformations of organic matter basement rocks and the structure of their host rock-forming minerals has shown that microcracks, which produce a pore, the capillary channels in the basement rocks of the central area Romashkinskoye field served as agents of gas-liquid fluids. Organic matter of the basement rocks is a residual bituminous components of migration of petroleum has not experienced the impact of high-temperature hydrothermal processes.

Выявление зон питания крупнейшего Ромашкинского месторождения, расположенного на территории Татарстана, и особенностей формирования нефтеносности его продуктивных разновозрастных комплексов представляется важной и актуальной задачей, решение которой затрагивает фундаментальные аспекты нефтегазообразования и имеет практическое значение для определения направлений поиска и оценки перспектив нефтеносности глубинных и малоизученных толщ [1–3].

В связи с оценкой нефтегенерационного потенциала пород фундамента Ромашкинского месторождения и путем миграции глубинных углеводородов в продуктивные комплексы осадочного чехла, были проведены экспериментальные опыты, моделирующие гидротермальное воздействие на нерастворимое органическое вещество (кероген) образцов пород фундамента с центральных площадей Ромашкинского месторождения: Абдрахмановской и Миннибаевской.

Опыты проведены при температуре 360 °С в водородной среде в проточной системе. По данным термического анализа в породах фундамента Абдрахмановской площади (скв. 23784) в интервале глубин 1884–1889 м содержание органического вещества составляет 0,5 %. В породах фундамента Миннибаевской площади (скв. 20000) в интервале глубин 1872–1877 м содержание органического вещества более высокое – 1,7 %, что сопоставимо с его содержанием в продуктивных комплексах осадочного чехла. После экстракции хлороформенных битумоидов содержание органического вещества в дебитуминизированных породах фундамента ос-

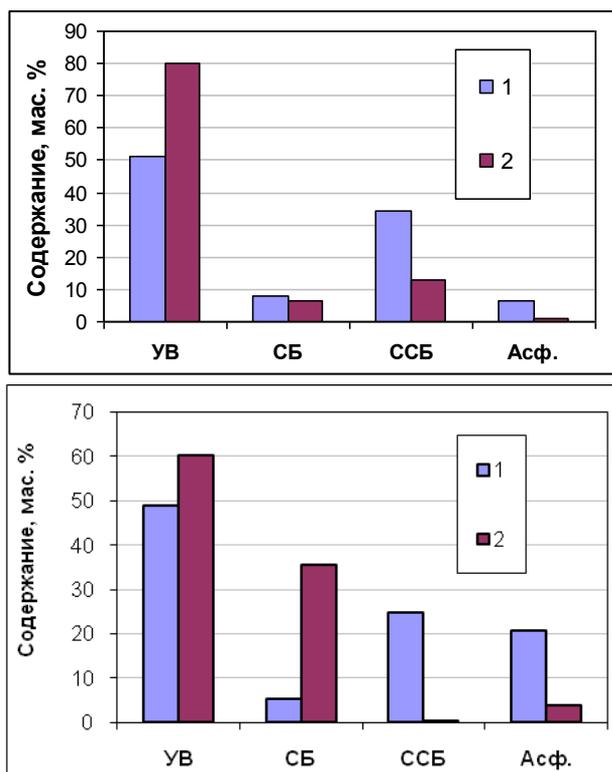


Рис. 1. Диаграмма распределения компонентов в ХБА пород кристаллического фундамента: а) Абдрахмановская площадь, скв. 23784; б) Миннибаевская площадь, скв. 20000.

1 – битуминозная порода до опыта; 2 – дебитуминизированная порода после опыта

тается достаточно высоким (0,4 и 1,3 %), но после гидротермального воздействия на породы его содержание снижается практически до нулевых значений.

Это свидетельствует о его термической неустойчивости и подтверждает точку зрения о том, что [4] в породах фундамента нерастворимое органическое вещество – не кероген, а остаточные битуминозные компоненты миграционных нефтей.

В продуктах гидротермальных превращений дебитуминизированных пород фундамента Абдрахмановской и Миннибаевской площадей более высокое содержание углеводов (масел) и более низкое содержание спирто-бензольных смол, асфальтенов и общей серы, по сравнению с составом исходных битумоидов (рис. 1). По данным ИК Фурье спектроскопии продукты гидротермальных опытов характеризуется более высоким содержанием ароматических структур.

По сравнению с исходными битумоидами, в продуктах гидротермальных превращений нерастворимого керогена заметно увеличивается концентрация более низкомолекулярных n-алканов (рис. 2), что свидетельствует о том, что органическое вещество пород фундамента не подвергалось воздействию высокотемпературных процессов. Это находит свое отражение не только в изменениях состава органического вещества, но и в особенностях изменения структуры породообразующих минералов.

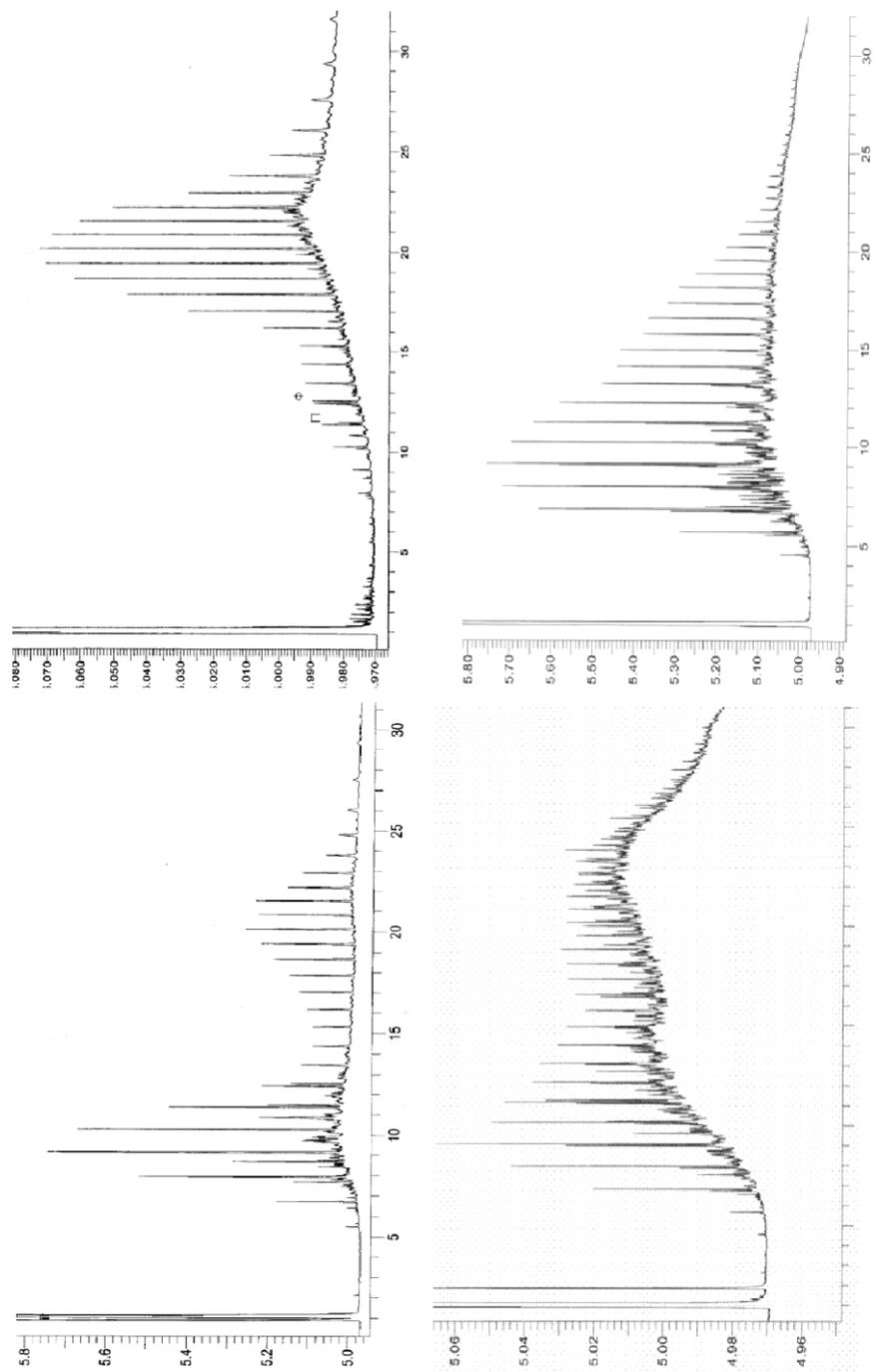


Рис. 2. Хроматограммы насыщенных фракций битумоидов из пород фундамента до и после гидротермальной обработки: *справа* – Мин-нибаевская площадь, скв. 20000, (1884-1889 м, м.в. 0,1-0,5); *слева* – Абдрахмановская площадь, скв. 23784 (1884-1889 м, м.в. 0,1-0,5)

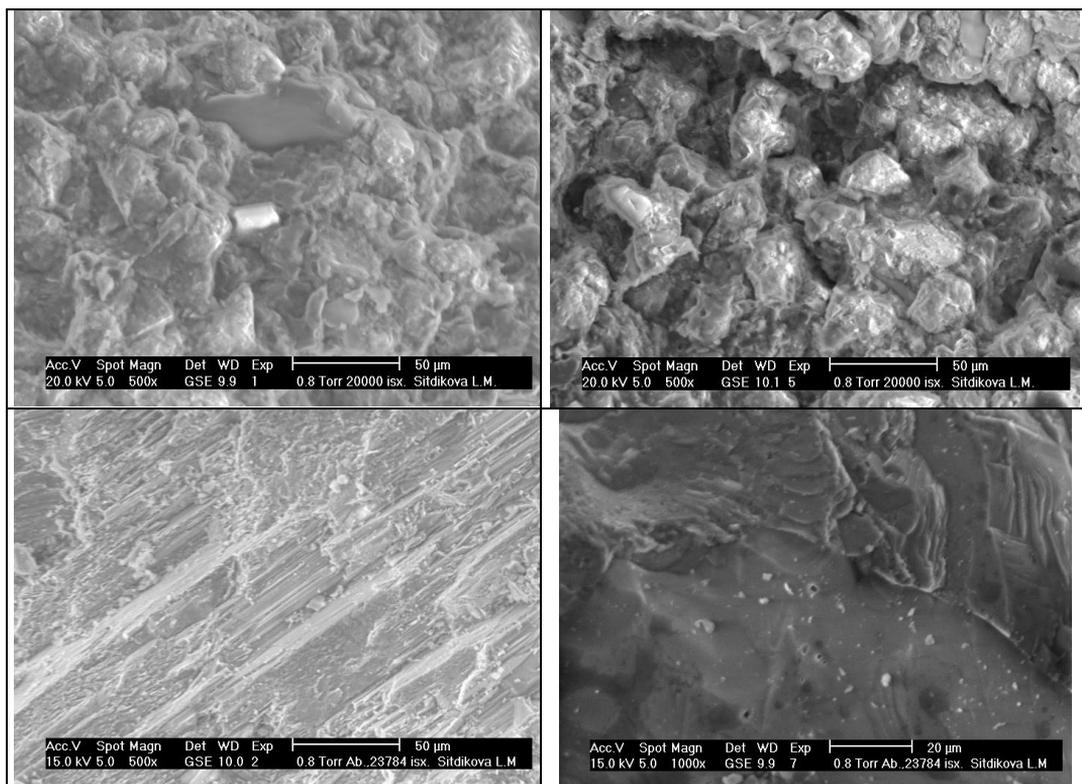


Рис. 3. Фотографии образцов пород кристаллического фундамента до и после гидротермальной обработки: *верх* – Миннибаевская площадь, скв. 20000, (1884–1889 м, м.в. 0,1–0,5); *низ* – Абдрахмановская площадь, скв. 23784 (1884–1889 м, м.в. 0,1–0,5)

Проведенные исследования пород с использованием растровой электронной микроскопии, показали существенные различия в составе их породообразующих минералов (рис. 3). Если образец породы с Абдрахмановской площади является типичным гранито-гнейсом, то образец породы с Миннибаевской площади представлен округлыми зернами светлых породообразующих минералов, отличными от кристаллов глубинных пород фундамента. Высокое содержание в данном образце органического вещества дало основание полагать, что этот образец отобран из коры выветривания фундамента. В исследованных образцах пород фундамента отмечаются микротрещины, сообщающиеся поры, а также трещиноватые полости и газожидкостные включения в кварце, свидетельствующие о протекании процессов, связанных с миграцией газо-жидких флюидов.

Под воздействием гидротермальных факторов в образце породы с Миннибаевской площади (скв. 20000) происходит как бы оплавление кристаллов с увеличением порового пространства. На образце породы Абдрахмановской площади также видны следы гидротермальных изменений в виде оплавленных кристаллов кварца, несущих следы комплекса газо-жидкостных включений линейно-цепочечной направленности. Кроме того, в структуре минералов пород возникают дислокации деформационного типа с разрывом сплошности кристаллов и высвобождением из

них свободных углеводородов, о чем свидетельствуют пустоты пузырькового типа. По сравнению с исходным образцом размеры пузырьковых выделений увеличиваются. Поскольку полосы газо-жидкостных включений ориентированы по кристаллографическим направлениям пород фундамента, то таким образом, выявляются особенности локализации газово-жидких включений и путей их миграции, подтверждая ранее установленный факт [5] активной миграции флюидных систем в кристаллических породах и дислокационную природу их возникновений.

Литература

1. Дмитриевский А.Н. Фундаментальные исследования в геологии нефти и газа // Геология нефти и газа. 1997. № 9. С. 4-10.
2. Кристаллический фундамент Татарстана и проблемы его нефтегазоносности / Муслимов Р.Х., Голдин Ш.Е., Гвоздь С.М. и др. Под ред. Р.Х. Муслимова, Т.А. Лапинской и др. Казань: Дента, 1996. 486 с.
3. Валяев Б.М. Углеродная дегазация Земли и генезис нефтяных месторождений // Геология нефти и газа. 1997. № 9. С. 30-37.
4. Каюкова Г.П., Романов Г.В., Шарипова Н.С. и др. Состав углеводородных флюидов в зонах возможного подтока глубинных углеводородов в продуктивные комплексы Ромашкинского месторождения // Материалы Всероссийской конф. «Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть, газ и их парагенезы». М.: ГЕОС, 2008. С. 200-204.
5. Ситдикова Л.М. Особенности флюидного режима кристаллического фундамента Татарского свода // Георесурсы. 2007. № 3 (22). С. 26-28.

ПРОИСХОЖДЕНИЕ ИЗОТОПНО-ТЯЖЕЛОЙ УГЛЕКИСЛОТЫ В ГРЯЗЕВУЛКАНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ ТАМАНИ

О.Е. Киквадзе, В.Ю. Лаврушин, Б.Г. Покровский, Б.Г. Поляк

Геологический институт РАН, 119017 Москва, Пыжевский пер., 7

In fluids from Taman mud volcanoes the values of $\delta^{13}\text{C}(\text{TDIC})$ amount up to +33.1 ‰ PDB (although the maximal $\delta^{13}\text{C}(\text{CO}_2)_{\text{gas}}$ is equal to +22.8 ‰). Temperatures in fluid reservoirs were estimated by means of Mg-Li and Na-Li geothermometers. According to these estimations, CO_2 contained in the fluids was generated due to transformation of OM dispersed in sediments at $T \leq 190$ °C, i.e. at the depth ≤ 5 km.

Проявления грязевого вулканизма широко распространены в мире. Один из таких регионов – Таманский полуостров. Как и везде, таманские грязевые вулканы приурочены к зонам накопления мощных позднекайнозойских осадочных толщ. В грязевулканических газах обычно доминирует метан. Исследования, проведенные на Тамани ранее [Валяев и др., 1985], показали, что метан в грязевулканических флюидах по изотопному составу углерода отвечает метану распространенных в этом же районе углеводородных месторождений, тогда как углекислота имеет более тяжелый изотопный состав, чем в пластовых газах (в ней $\delta^{13}\text{C}$ достигает +16 ‰ относительно PDB). Поэтому считалось [Кропоткин, Валяев, 1981; Валяев и др., 1985], что присутствие в грязе-

вулканических флюидах изотопно-тяжелой CO_2 отражает поступление в них глубинного (мантийного?) компонента. Однако изотопно-гелиевые исследования противоречат этой гипотезе.

В данной работе сделана попытка выяснения условий формирования изотопно-тяжелой углекислоты в грязевулканических системах Тамани. Для этого летом 2009 года были опробованы 16 вулканов. Из них было взято 47 проб воды и 26 образцов газов. В последних были определены общий химический состав (21 анализ), а также изотопный состав углерода в CO_2 и CH_4 (в 22 пробах). Этот состав был также определен в водорастворенном неорганическом углероде как $\delta^{13}\text{C}_{\text{TDIC}}$ (сумма $\text{CO}_{2\text{раств.}}$, CO_3^{2-} и HCO_3^-) в 45 пробах.

Основной составляющей газовой фазы грязевулканических флюидов Тамани является метан. Его концентрация изменяется от 73,40 до 96,27 % об., в среднем составляя $87,85 \pm 5,08$ % об. ($n=21$). Кроме метана, в этих газах присутствуют и тяжелые углеводороды (ТУ). Как правило, они встречаются на вулканах, во флюидах которых отмечены пленки нефти (Шуго, Северно-Нефтяной, Шапурский и Поливадина). Вторым компонентом является углекислота. Ее концентрация варьирует от 0,5 до 22,0 % об., в среднем составляя $7,2 \pm 4,5$ % об. ($n=21$). В 2009 г. максимальные концентрации CO_2 ($>15\%$) отмечались в вулканах (Карabetова гора, Поливадина, Кучугурский и Семигорский). Установленная ранее тенденция роста содержания углекислоты в газах вулканов, тяготеющих к Керченскому проливу [Лагунова, Гемп 1978; Шнюков и др., 1986] в ходе нашего исследования не подтвердилась. Концентрация азота в газах большинства проб не превышает 1,78 % об., и только в вулканах Карabetова гора, Кучугурский и Чушка она выше (3,33, 4,09 и 4,83 % об.) соответственно.

Воды таманских грязевых вулканов характеризуются значениями pH от 7,0 до 8,9. Их минерализация изменяется от 4,3 до 33,7 г/л, составляя в среднем 12,5 г/л. Главными компонентами солевого состава являются Na^+ , Cl и HCO_3^- . Содержание иона HCO_3^- варьирует от 1,4 до 9,0 г/л. Судя по содержанию Cl-иона, воды грязевых вулканов в 3–6 раз преснее морской (где $[\text{Cl}] \sim 20$ г/л). Они также характеризуются высокими концентрациями щелочных и щелочно-земельных металлов, йода, брома и также бора. Концентрации большинства щелоч-

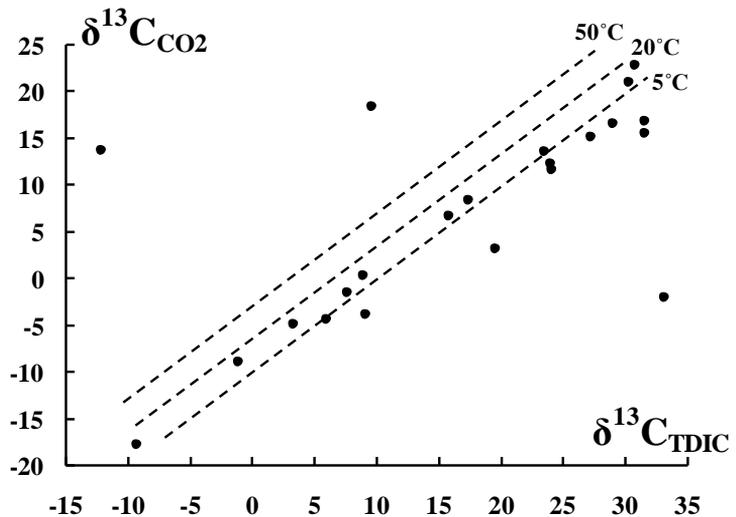


Рис. 1. Соотношение величин $\delta^{13}\text{C}$ в свободной углекислоте и в растворенном неорганическом углероде. Пунктирные линии соответствуют температурам равновесного фракционирования в системе $\text{CO}_{2(\text{газ})} - \text{HCO}_3^-$ по [Mook et al., 1974]

ных и щелочно-земельных металлов и бора симбатны содержанию HCO_3^- -иона, в то время как концентрации йода и брома антибатны ему.

Для оценки *температур формирования* грязевулканических флюидов использовались гидрохимические Mg-Li и Na-Li геотермометры [Kharaka, Mariner, 1989]. Полученные с их помощью значения температур лежат в диапазонах 18–137 °С и 20–192 °С соответственно, составляя в среднем 72 и 91 °С. Учитывая величину геотермического градиента в этом регионе – 40 °С/км [Лагунова, 1974], глубину формирования исследованных вод можно ориентировочно оценить в 1–5 км. Этот диапазон глубин соответствует уровню залегания майкопских отложений в данном районе. Самые высокие температуры определены для вулканов, находящихся ближе всего к Большому Кавказу (Шуго, Гладковский, Семигорский). Поэтому нельзя исключить, что в их питании участвуют воды юрско-меловых комплексов, побывавших ранее в более «горячих» условиях. Но высокими температурами характеризуются и воды вулканов, располагающихся вблизи побережья Черного моря (Карabetова гора, Бугазский, Чушка).

Изотопный состав углерода определен в разных фазах. В *воде* значения $\delta^{13}\text{C}_{\text{TDIC}}$ в большинстве проб меняются от +3,3 до +33,1 ‰. Наиболее высокими значениями $\delta^{13}\text{C}_{\text{TDIC}} > 30$ ‰ характеризуются вулканы Шуго, Бугазский и Шапурский. В пробах же, отобранных из вулканов Гнилая, Кучугурский, Южно-Нефтяной и Центральные Цимбалы встречены низкие значения $\delta^{13}\text{C}_{\text{TDIC}}$ – от -12,1 до -1,1 ‰.

В *свободной углекислоте* $\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$ меняется от -17,8 до +22,8 ‰. Самая изотопно-тяжелая CO_2 ($\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2} > +15,0$ ‰) обнаружена в пробах из грязевых вулканов Бугазский, Сопка, Шапурский, Северно-Нефтяной. Все эти четыре вулкана располагаются в центральной части полуострова. Какой-либо значимой корреляции значений $\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$ с химическим составом газов не выявлено. Зато хорошо видна положительная корреляция между $\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$ и $\delta^{13}\text{C}_{\text{TDIC}}$ (рис. 1). Известно, что при нейтрально-щелочных pH большая часть растворенного неорганического углерода находится в форме иона HCO_3^- . Поэтому наблюдаемая разница величин $\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$ и $\delta^{13}\text{C}_{\text{TDIC}}$, варьирующая в большинстве фигуративных точек в диапазоне от 8,5 до 12,5 ‰, соответствует низким температурам изотопного фракционирования – не более 20 °С [Mook et al., 1974]. Следовательно, выделение CO_2 из раствора происходит вблизи дневной поверхности.

В *метане* изотопный состав углерода $\delta^{13}\text{C}_{\text{CH}_4}$ в 21 пробе меняется в пределах от -59,5 до -44,0 ‰, в среднем составляя $-50,5 \pm 3,8$ ‰ (исключение – грязевой вулкан Гнилая, в газах которого $\delta^{13}\text{C}_{\text{CH}_4} = -72,5$ ‰). Эти значения $\delta^{13}\text{C}_{\text{CH}_4}$ отвечают зонам термокаталитического преобразования органического вещества на глубинах до 5 км [Галимов, 1973]. Схожие оценки глубины флюидогенерации получаются и по гидрохимическим геотермометрам.

Значения $\delta^{13}\text{C}_{\text{CH}_4}$ антибатно коррелируют с концентрацией метана в газовой фазе, но симбатно с концентрацией в ней CO_2 и содержанием HCO_3^- в воде.

Анализ взаимоотношений величин $\delta^{13}\text{C}$ в метане и углекислоте показал, что изотопный состав обоих газов изменяется в пробах прямо пропорционально: эти величины различаются примерно на 55 ‰ (рис. 2). Мы оценили температурные условия генерации этих газов, используя формулы расчета температур изотопного равновесия в системе $\text{CO}_2\text{--CH}_4$ [Horita, 2001]. На рис. 2 видно, что большинство точек располагается в диапазоне температур от 25 до 75 °С. Температурами же выше 100 °С характеризуются только вулканы Кучугурский, Центральные

Цимбалы, Семигорский и Шуго. Полученные температуры лежат в том же интервале, что и рассчитанные по гидрохимическим геотермометрам.

Все это позволяет заключить, что газовая и водная составляющие грязевулканических флюидов Таманского полуострова формируются в едином резервуаре, располагающемся на относительно небольших глубинах (не более 5 км). «Изотопно-тяжелые» значения $\delta^{13}\text{C}$ в свободной CO_2 и водорастворенном неорганическом углероде (TDIC), вероятнее всего, являются следствием преобразования захороненного в осадках органического вещества метанообразующими бактериями в приповерхностных условиях.

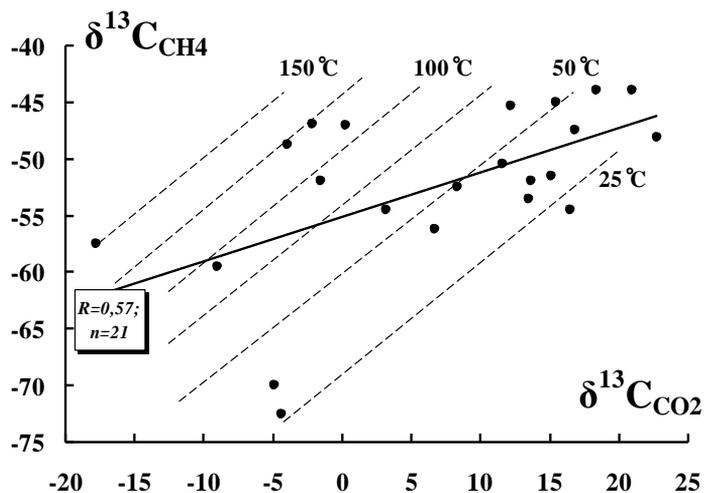


Рис. 2. Соотношение величин $\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$ и $\delta^{13}\text{C}_{\text{CH}_4}$ в грязевулканических газах Тамани. Пунктирные линии соответствуют температурам равновесного фракционирования в системе $\text{CO}_2 - \text{CH}_4$ по [Horita, 2001]

Литература

- Валяев Б.М., Гринченко Ю.И., Ерохин В.Е. и др. // Литол. и пол. иск. 1985. № 1. С. 72-87.
 Галимов Э.М. Изотопы углерода в нефтегазовой геологии. Недра, М., 1973, 384 с.
 Кропоткин П.Н., Валяев Б.М. // Геологические и геохимические основы поисков нефти и газа. Киев: Наук. Думка, 1981. С. 148-178.
 Лагунова И.А., Гемп С.Д. // Сов. геология. 1978. № 8. С. 108-125.
 Лагунова И.А. // Геохимия. 1974. № 11. С. 1711-1716.
 Шнюков Е.Ф., Соболевский Ю.В., Гнатенко Г.И. и др. Грязевые вулканы Керченско-Таманской области (атлас). Киев: Наук. Думка, 1986. 148 с.
 Horita J. // Geochimica et Cosmochimica Acta. 2001. V. 65. P. 1907-1919.
 Kharaka Y.K., Mariner R.H. // Thermal History of Sedimentary Basins, Methods and Case Histories. New York: Springer-Verlag, 1989. P. 99-117.
 Mook W.G., Bommerson J.C., Staverman W.H. // Earth and Planetary Sci. Lett. 1974. V. 22. P. 169-176.

ГРАНИТЫ И НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬ

Ф.А. Киреев

Российский государственный университет нефти и газа им. И.М. Губкина. Москва, Ленинский проспект, 65

Granites are the product of palingen-metasomatic processes. Oil in granites formed as a result of transformation and mixing of deep CH-fluids and organic of the stratisphere.

Проблема происхождения и нефтегазоносности гранитов в последние годы приобретает все большую актуальность. Это объясняется тем, что в гранитоидных породах фундамента в ряде мест земного шара открыты и эксплуатируются довольно крупные месторождения нефти (Белый Тигр, Ла-Пас, Панхендл-Хьюгтон и др.), а всего более 450 месторождений нефти, газа и конденсата. Это дает основания рассматривать «гранитный» слой платформенных областей как новый регионально-нефтегазоносный этаж земной коры.

Согласно геодинамической модели образования гранитов [1], главным механизмом «производства» гранитных масс является процесс субдукции, выражающийся в погружении океанической литосферы с фрагментами континентальной коры в мантию. Океаническая кора вместе с пелагическими осадками, попадая на глубины со все возрастающими температурами и давлением, постепенно теряет связанную воду в виде перегретого водяного пара, насыщенного кремнеземом, щелочами, другими летучими компонентами. Таким путем происходила так называемая метасоматическая гранитизация, т.е. обогащение коры оксидами калия, натрия, алюминия, кремния и другими соединениями, приближая состав пород к гранитной эвтектике и увеличивая возможность их палингенного плавления с формированием гранитоидного расплава.

В зонах субдукций создаются благоприятные условия и для неорганического синтеза нефти. Компонентов, необходимых для формирования синтетической нефти, с избытком имеется в надмантийных подкорковых зонах. Значительная часть их представлена двуокисью углерода и водой, которые извлекаются из погружающихся пород и питают верхний слой мантии. Кроме того, глубинные зоны Земли обогащены CO, CO₂, CH₄, H₂, на основе которых, как принято считать, возможен природный синтез нефти. Из перечисленных газов следует прежде всего выделить CH₄ и H₂, составляющих большую часть глубинных флюидных газов и обеспечивающие их восстановительный характер. Подтверждением реального существования подтока легких УВ является периодическое (через 4 года) наблюдаемое восстановление объемов CH₄ в растворенном газе в глубинных пробах нефти при разработке залежи фундамента на месторождении Белый Тигр в течение периода с 1990 по 2005 гг.

В природных условиях, при повышенных давлениях и температурах, активно протекают процессы каталитического синтеза углеводородов в породах с высоким содержанием минералов-алюмосиликатов и кремнезема. Последние выступают в качестве катализаторов при реакции неорганических компонентов газа: окиси углерода, водорода и метана. Такие породы, представленные преимущественно гранитоидами, слагают не только практически всю гранитную оболочку земной коры, но и подавляющую часть субдукционных зон. Важным аргументом в пользу данной концепции является обнаружение УВ газов, капсулированных в

гранитоидах фундамента месторождения Белый Тигр. Исследования показали, что углеводородные газы заключены в замкнутых порах, микротрещинах и зернах кварца в виде газово-жидких пузырьков и вакуолей размером не более 0,01 мм. Суммарное содержание флюидов во включениях колеблется в широких пределах – от 6,2 до 210,4 см³/кг породы. Присутствие как легких, так и тяжелых углеводородов вплоть до гексана, указывает на нефтяной характер газов. Но преобладающими являются водород и метан. В некоторых зернах кварца в гранитах встречены включения бензиновых фракций с пузырьками метана. Иногда в вакуолях отмечаются примазки воска. Детальные исследования показали, что все газово-жидкие включения в кварце сингенетичны с процессами метасоматоза, т.е. поток углеводородов был синхронен с завершающей пневматолитической фазой постмагматической деятельности. Высокий коэффициент корреляции (0,734) между гелием и метаном однозначно указывает на глубинность источников газов и полностью исключает влияние техногенных факторов.

Кроме того, на месторождении Белый Тигр существует отчетливо выраженная вертикальная геохимическая зональность залежей нефти. Так, легкая нефть (0,820–0,834 г/см³) в продуктивных объектах фундамента и нижнего олигоцена сменяется более тяжелыми разностями (0,84–0,88 г/см³) в вышележащих резервуарах верхнего олигоцена и нижнего миоцена. Этот факт, видимо, можно объяснить тем, что, в отличие от геологически изолированных нефтей в осадочных породах верхнего олигоцена и нижнего миоцена, нефти фундамента и нижнеолигоценых отложений связаны с глубинным источником нефтяных флюидов, характеризующихся меньшей плотностью.

Сравнение составов подвижной нефти из коллекторских зон нефтенасыщенных гранитоидов на месторождении Белый Тигр с углеводородными веществами из плотной слабопроницаемой матрицы показало, что их битумоиды отличаются по составу парафинов и биомаркеров, при этом битумоиды матрицы характеризуются меньшей «зрелостью». По-видимому, ограниченный объем микропустот в матрице породы не позволял реализовать полностью потенциальные возможности заключенных в них углеводородных флюидов, их ресурс был исчерпан и далее процесс изомеризации не шел.

Термодинамические расчеты и экспериментальные данные показывают, что синтез нефтяных углеводородов возможен уже при температурах 700–1100 °С [2]. Такие участки в разрезе внутренней геосферы Земли, где осуществляется начальная стадия зарождения нефтяных радикалов и абиогенный синтез преимущественно легких нефтяных систем, можно было бы назвать **мантийно-астено-сферными нефтегенерационными зонами**. Они находятся в термобарических условиях разогретой верхней мантии (астеносферного выступа) и надмантийных подкорковых зон.

В зоне субдукции, на начальном этапе заглубления океанической коры под континентальную, разогрев коры еще относительно невелик. Здесь находятся участки с температурным режимом в 150–450 °С, благоприятным для термолиза и возгонки как биогенных веществ, зятянутых вместе с океаническими осадками в зону поддвига [1], так и минеральный абиогенный синтез нефти при каталитическом участии алюмосиликатов и рудных минералов, входящих в состав пород сиалитной коры.

Такие участки субдукционных зон, где происходит смешанный биогенно-минеральный синтез нефти, можно было бы назвать **субдукционно-диссипативными нефтегенерационными зонами**. Они находятся в верхних горизонтах зоны Бенъофа

и характеризуются относительно умеренными термобарическими условиями.

Высвобождавшиеся из разных нефтегенерационных зон нефти, на пути своего следования смешивались, обогащая друг друга биогенными и абиогенными углеводородными радикалами. Достигая поверхности Земли, газонефтяные смеси в основном рассеивались в пространстве или формировали промышленные скопления нефти в погребенных рифтовых структурах, которые являлись своего рода ловушками для глубинной нефти [3]. В свою очередь, в рифтовых впадинах протекали собственные нефтегенерационные процессы по принципам органической осадочно-миграционной теории. Тип нефтегенерации, происходящей в результате катагенетических преобразований органического вещества в геологических структурах осадочной оболочки Земли можно было бы назвать **стратисферным**, а зоны, в которых осуществляются эти процессы – **стратисферными нефтегенерационными зонами**. В пределах стратисферы процессы нефтегазообразования наиболее активно протекают в условия рифтов, особенно межконтинентального морского рифта. Большие запасы углеводородов известны по платформенным окраинам и в пределах передовых прогибов. Значительно слабее процессы нефтегазообразования идут в условиях синеклиз, не осложненных рифтами, также внутриплатформенных и некоторых межгорных впадин, характеризующихся депрессионным геодинамическим режимом.

Таким образом, в разрезе внутренней геосферы Земли можно выделить, по крайней мере, три нефтегенерационные зоны:

- мантийно-астеносферная абиогенного синтеза;
- субдукционно-диссипативная биогенно-минерального синтеза;
- стратисферная биогенного синтеза.

Предлагаемая концепция нефтегазообразования не только примиряет «органиков» и «неоргаников», но и значительно расширяет потенциальные возможности нефтегазовых ресурсов регионов, характеризующихся проявлением глобальных геодинамических процессов. Особенно это касается активных окраин континентов, находящихся под влиянием конвекционных движений разогретого вещества верхней мантии и инъекций астеносферных плюмов.

С позиций предлагаемой концепции находит свое объяснение и такое привлекающее в последние годы внимание нефтяников явление, как современная генерация углеводородов и возобновляемость природных запасов нефти и газа. Известно, что на многих месторождениях первоначально подсчитанные запасы нефти были неоднократно выработаны в процессе их многолетней эксплуатации. Тем не менее, до сих пор господствует точка зрения о невозобновляемости ресурсов углеводородного сырья, в основу которой положена классическая «органическая» теория генезиса нефти и газа. Очевидно, что помимо геологического перераспределения УВ в процессе эксплуатации месторождений, должны существовать какие-то очаги современного образования нефти и газа и пополнения выработанных запасов. Такими очагами являются, по-видимому, глубинные нефтегенерационные зоны, которые через разломы и трещины в литосфере, пересекающие зоны синтеза, могут и в настоящее время подпитывать залежи нефти в рифтовых нефтеносных структурах.

Наблюдения и опыт последних лет показывают, что движение УВ-флюида в земной коре происходит с гораздо большей скоростью, чем это предполагалось ранее, процесс идет постоянно и продолжается в настоящее время. В соответ-

ствии с этим и формирование скоплений нефти и газа – постоянно действующий процесс: залежи УВ формировались и переформировывались в прошлые геологические эпохи, они формируются и сейчас, причем скорость формирования залежей исчисляется не миллионами лет, а годами.

Литература

1. *Гаврилов В.П.* Нетрадиционная модель образования гранитов и их нефтегазоносности // Геология нефти и газа. 2010. №1. С. 51-58.

2. *Ионе К.Г.* О возможности каталитического абиогенного синтеза углеводородных масс в слое земной коры // Мат. IV Междунар. конф. «Химия нефти и газа». Томск, 2000. Т. 1. С. 19-21.

3. *Арешев Е.Г., Гаврилов В.П., Киреев Ф.А., Донг Ч.Л.* Рифтовые структуры, как перспективный нефтегазоносный объект континентального шельфа СРВ // Нефтяное хозяйство. 2001. №2. С. 22-24.

СОСТАВ ФЛЮИДА ПЕРВИЧНОЙ МИГРАЦИИ МИКРОНЕФТИ

Т.А. Киреева, В.А. Всеволожский

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, геологический факультет.
Москва, ГСП-1, Ленинские горы, 1

We have analyzed the composition of water-soluble salts in anhydrous oil solutions which can be found in different regions (the centre of Volga region, Pre-Caucasian region, South Vietnam shelf). The salt complex of anhydrous oil which presumably reflects the composition of syngenetic fluid is mainly hydrocarbon-sodium sometimes without any chlorides at all while the salt complex of fossil water appears to be chloride-sodium character. Thus we can make a conclusion that primary oil – as part of steam-and-gas hydrocarbon-sodium fluid – is involved in vertical migration.

Различие подходов осадочно-миграционной и неорганической (глубинной) теорий образования скоплений УВ предполагает различный состав растворов, сопутствующих первичной миграции микронефти. Так, согласно осадочно-миграционной теории перемещение микронефти должно происходить в составе отжимающихся поровых вод глинистых пород, которые по теоретическим представлениям и имеющимся опытным данным имеют солевой комплекс, представленный системой: $Cl-SO_4-Na-Mg$. Согласно представлениям о перемещении микронефти в составе глубинного эндогенного флюида, представляющего собой воду в надкритическом состоянии, насыщенную CO_2 , CnH_m , H_2 , N_2 , He (Готтих, Писоцкий, 1997; Лукин, 2004, 2005; Пиковский, 2002) анионная часть солевого комплекса данной системы должна быть существенно гидрокарбонатной вследствие растворения CO_2 , т.к. прочие газы образуют с водой молекулярные растворы.

Ответ на вопрос, в составе каких флюидов происходит формирование и первичная миграция жидких УВ, может дать изучение неорганических компонентов нефтей и, прежде всего, комплекса воднорастворимых солей. Сами нефти практически не способны растворять соли, поэтому присутствие последних в безвод-

ных нефтях обычно объясняется присутствием погребенных вод [1]. Таким образом, состав воднорастворимых солей нефтей должен отражать как обстановку формирования «свободной» нефти, так и состав пластовых вод, в которых осуществляется ее первичная (капельно-жидкая) миграция.

При этом выводы о составе флюида, сопутствующего процессам нефтеобразования, можно делать только по результатам исследования «безводных» нефтей, т.е. когда в процессе эксплуатации скважин в добываемой продукции длительное время отсутствуют пластовые или закачиваемые воды, т.к. в противном случае солевой комплекс нефтей будет отражать также состав этих вод, захватываемых нефтью.

Первые исследования солевого комплекса безводных нефтей были выполнены К.Б. Ашировым и др. [1] за безводный период эксплуатации скважин (более 2-х лет) Среднего Поволжья (Кулешовское, Покровское и Алакаевское месторождения), где основными объектами разработки являлись залежи нефти в карбонатной толще. Выяснилось, что количество воднорастворимых солей составляет 21–51 мг/л нефти, при сульфатно-хлоридно-натриево-кальциевом составе. Количества сульфатов и хлоридов были приблизительно равны, содержания катионов составляли около 60, 30, 10 %-экв для (Na+K), Ca и Mg соответственно. В солях нефтей наиболее глубоких девонских коллекторов (Кулешовское месторождение) обнаруживалось значительное количество гидрокарбонат-иона до 30–35 %-экв. Данный солевой состав резко отличался от состава глубоких пластовых вод Среднего Поволжья, которые характеризуются высокой общей минерализацией более 150–200 г/л, при содержании хлор-иона в количестве не менее 85–95 экв.-%, сульфат-иона – в количестве не более 5 %-экв., при полном отсутствии гидрокарбонатов.

Еще большее отличие химического состава солей безводных нефтей и пластовых вод было установлено при исследовании нефтей ряда месторождений Грозненского района [2]. Соли, количество которых составляло в среднем 27 мг/л нефти, характеризовались резким преобладанием гидрокарбонатов, достигающим иногда до 100 % содержания, при среднем около 80 %-экв. Содержание хлор-иона в большинстве случаев не превышало 20–30 %-экв, сульфат-ион или отсутствовал, или присутствовал в количестве не более 5–14 %-экв. При этом пластовые воды этих нефтяных месторождений характеризовались почти 100% хлоридным составом: содержание хлор-иона было не менее 96–98 экв.-%, содержание гидрокарбонат- и сульфат-ионов составляло 0,5–3,0 %-экв и 1,0–1,5 %-экв. соответственно.

Данные результаты позволили авторам отметить, что «механизм формирования солевого комплекса нефтей отличался от механизма формирования солевого комплекса пластовых вод» [1], однако возможные причины такого различия не рассматривались.

Заметное различие состава солевого комплекса безводных нефтей и пластовых вод отмечалось впоследствии и для других месторождений и даже было положено в основу методики по определению подхода закачиваемых вод к добывающим скважинам, т.к. в этом случае в составе солевого комплекса нефтей резко возрастало содержание хлоридов. Эмпирически было установлено, что нефти, не ощущающие влияния законтурных рассольных вод, имеют в составе солевых вытяжек не более 40–54 %-экв. Cl, отношение rSO_4/rCl около 1, а $rHCO_3/rCl$ в пределах 0,2–0,75. В то же время в пластовой воде содержалось около 98 %-экв. Cl, а отношение rSO_4/rCl и $rHCO_3/rCl$ равно 0,005 [3]. Поэтому, увеличение со-

держания хлор-иона до 90–98%-экв. в солевом комплексе нефтей свидетельствует о подтягивании пластовых вод.

Аналогичные исследования солей, отмытых горячей (80 °С) дистиллированной водой из безводных нефтей кристаллического фундамента месторождения Белый Тигр (шельф Южного Вьетнама), выполненные В.В. Донцовым, показали, присутствие солей в количестве 10–21 мг/л нефти. Около 72 % образцов характеризовались 100 % содержанием гидрокарбоната в анионной части. В 28 % случаев в ионном комплексе присутствовали гидрокарбонаты (20–70 %-экв.) и сульфаты (30–80 %-экв.) Хлор полностью отсутствовал. Постоянно фиксировалось заметное содержание Fe^{+2} (2–11 %-экв.) и содержание калия, равное или превышающее содержание натрия. Последнее совершенно не характерно для глубоких подземных вод как инфильтрационного, так и седиментогенного (морского) генезиса, в которых содержание калия обычно в 10–15 раз меньше содержания натрия. Также весьма необычным явилось отсутствие хлор-иона, наличие которого обязательно для подземных вод любого генезиса. Данный компонентный состав солевого комплекса нефтей фундамента резко отличался от пластовых вод нижних горизонтов осадочного чехла, в которых содержание хлор-иона составляло не менее 70 %-экв., а количество гидрокарбонатов и сульфатов не превышало 10–20 экв.-%. В самом гранитном массиве месторождения Белый Тигр подземные воды отсутствуют. Этот продуктивный объект эксплуатируется около 20 лет, однако, ни разу (за исключением скв. 110, в которой были притоки слабо соленых, с $M_{общ}$ около 5 г/л, с содержанием хлор-иона около 96 %-экв, хлоридно-натриевые попутных вод) не было получено притоков «пластовых» вод, несмотря на то, что скважины пробурены до глубины 5014, а мощность вскрытых нефтенасыщенных гранитов составляет около 1500 м.

Таким образом, сравнение солевого комплекса безводных нефтей различных месторождений показывает, что независимо от литологии и возраста вмещающих пород, а также от их местоположения, анионный комплекс солей является преимущественно гидрокарбонатно-сульфатным, с резко подчиненным содержанием хлора, а иногда и с полным его отсутствием. Такое сходство солевого комплекса безводных нефтей различных месторождений и различных регионов позволяет предположить, что формирование «свободной» нефти и ее первичная миграция происходили в близких условиях, т.е. в составе флюидов приблизительно схожих по компонентному составу. В тоже время, резкое отличие солевого комплекса безводных нефтей от компонентного состава глубоких пластовых и поровых вод позволяет предполагать, что эти процессы происходили в «водной среде» принципиально отличной от поровых вод осадочных пород, формирующихся в результате элизионно-дегидратационных процессов. Катагенные процессы формирования поровых растворов и пластовых вод не могут привести к полному удалению хлоридов, т.к. известные процессы сульфатредукции и термодеструкции ОВ приводят только к некоторому обогащению растворов гидрокарбонатами (до 40–50 %-экв. в природных водах и по результатам моделирования). Остается предположить, что флюидом, осуществлявшим транспортировку микронепти являлся глубинный углекислый раствор.

Из анализа состава солевого комплекса нефтей разных регионов следует что наиболее «карбонатные» нефти характерны для более молодых коллекторов, для нефтей, наиболее близких к фундаменту и для нефтей тектонически активных регионов. Максимальное количество гидрокарбонатов и полное отсутствие хлори-

дов свойственно нефтям гранитоидного коллектора месторождения Белый Тигр, которые не контактируют с пластовыми водами.

Таким образом, можно предположить, что первичная нефть во всех рассмотренных случаях мигрировала снизу, от фундамента в составе газо-парового углекислого флюида, при этом, чем длиннее был путь, пройденный флюидом до мест скопления нефти, т.е. чем длительнее контакт с осадочными породами и их поровыми водами, тем более хлоридным становился флюид. Исходя из этой концепции объясняется и полное отсутствие хлоридов в нефтях фундамента месторождения Белый Тигр: флюид, содержащий микронепть, при заполнении коллектора не контактировал ни с поровыми водами осадочных пород, ни с пластовыми водами.

Сходство и гидрокарбонатно-натриевый состав солевого комплекса безводных нефтей различных регионов и содержащихся в коллекторах различной литологии и возраста, можно объяснить только с позиции перемещения микронепти в составе газо-парового углекислого глубинного флюида, т.е. в результате вертикальной миграции из фундамента или низов осадочного чехла. Поступление таких флюидов в нижние горизонты осадочного чехла, по мнению ряда авторов [Ежов, 1978; Лагунова, 1979; Лукин, 2005], формирует так называемый инверсионный разрез, когда ниже зоны соленых вод и рассолов залегают маломинерализованные гидрокарбонатно-натриевые воды. О возможном широком распространении этого механизма, свидетельствует не только присутствие инверсионных вод в низах осадочного чехла ряда НГБ и генетически связанных с ними месторождений нефти, но и отмечаемое «столбообразное» опреснение пластовых рассолов Тимано-Печорского, Среднекаспийского, Ферганского и некоторых других НГБ, что свидетельствует о возможности формирования залежей нефти этих регионов также в результате вертикальной миграции глубинных углекислых флюидов.

Литература

1. *Аширов К.Б., Данилова Н.И.* О характере погребенных вод нефтяных месторождений среднего Поволжья // Геология и разработка нефтяных месторождений. Тр. Гипровостокнефть. Вып. 11. М.: Недра, 1967. С. 17-32.
2. *Аширов К.Б., Емельянова Л.А. и др.* О солях, содержащихся в безводных нефтях из меловых отложений Грозненского района // Там же. С. 40-45.
3. *Кацавцев В.Е., Мищенко И.Т.* Солеобразование при добыче нефти. М.: Орбита-М, 2004. 426 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И НЕФТЯНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ В ВУЛКАНОГЕННЫХ РЕЗЕРВУАРАХ

А.В. Кирюхин

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН

Oil volcanogenic reservoirs considered as analogs of geothermal fields in recent volcanic areas (Yellowstone, Taupo, Pauzhetsky etc.). Inverse modeling iTOUGH2-EOS1, EOS10 capabilities were used to estimate the following key geothermal and oil reservoir characteristics: (1) natural state recharge/discharge conditions; (2) initial saturations; (3) double porosity parameters; (4) wettability conditions; (5) production indexes; (6) forecast for different exploitation scenarios.

1. Введение

Геотермальные месторождения в областях современного вулканизма могут включать несколько типов гидротермальных резервуаров, трещинно-блоковая структура которых связана с генетическими условиями образования лавопирокластических потоков (степенью спекания на внешних границах и контактах), экзоконтактовым дроблением магматических тел (интрузий и дайковых комплексов), а также с наличием проницаемых разломов. Анализ условий формирования Паужетского геотермального месторождения и Мутновского геотермального месторождения (Kiryukhin et al., 2008, 2010) показывает, что восходящие потоки теплоносителя и нисходящие инфильтрационные потоки приурочены к разломам или каналам, которые совпадают с питающими системами экструзивных магматических тел и вулканов. Эта ситуация типична для геотермальных месторождений. Аналогичные условия возможны при формировании нефтяного вулканогенного резервуара, приуроченного к риолитовому вулканогенно-осадочному комплексу характеризующегося многочисленными разломами и каналами глубокого заложения. Если эта аналогия справедлива, то продуктивные нефтяные резервуары могут быть размещены в кальдерах на лавопирокластических контактах, прилегающих разломах, в прижерловых зонах риолитовых вулканов.

Приведем данные по характеристикам некоторых резервуаров, сложенных туфами кислого состава.

Паужетский резервуар (Камчатка), сложенный преимущественно кислыми туфами плиоцен-плейстоценового возраста, приурочен к системе лавопирокластических контактов, характеризуется долей трещинного пространства (неспекшиеся туфы) 0.3, средним расстоянием между продуктивными зонами 105 м, проницаемостью трещин 83 мД, пористостью 0.094, сжимаемостью $2 \cdot 10^{-6} \text{ Па}^{-1}$, теплопроводностью 1.6 Вт/м °С. Проницаемость матрицы (спекшиеся туфы) 0.01 мД, пористость 0.2. Для его описания подходит 1D модель трещинно-блокового пространства. Естественный глубинный приток теплоносителя – 44.2 кг/с.

Изучение многослойной пачки туфов неогенового возраста (12.5 млн лет) разбитой системой трещин разломов в горах Якка (Невада, США) – в связи с предполагаемым использованием их для изоляции и длительного (тысячи лет) хранения высокоактивных радиоактивных отходов показывает (K. Pruess, 2001), что

спекшиеся туфы характеризуются высокой пористостью 0.086–0.127, но очень низкой матричной проницаемостью (порядка мкД), они включают около 10 трещин на м³, при этом средняя проницаемость системы трещин составляет 10 Д, теплопроводность 1.12–1.18 Вт/м °С, удельная теплоемкость 850–900 кДж/кг °С. Неспекшиеся туфы имеют пористость порядка 0.259–0.446 разбиты более редкой системой трещин и имеют высокую матричную проницаемость до 120 мД, теплопроводность 0.36–0.75 Вт/м °С, удельная теплоемкость 870–1160 кДж/кг °С.

Вулканогенный резервуар Трэп Спрингс в Неваде (США) имеет размеры в плане 1.5 x 6 км², приурочен к риолитовым туфам имеющим возраст 35 млн лет, нефтегенерирующие породы – низзалегавшие сланцы, содержащие органику (L. Anna et al., 2007). Продукция нефти за 24 года эксплуатации составила 2.6 млн. тонн. Роль резервуара трещинно-блокового типа выполняют спекшиеся туфы, в то время как гидротермально измененные неспекшиеся туфы являются водоупором. Транспорт нефти и насыщение резервуара происходит вероятно в настоящее время, т.к. нефтяная залежь приурочена к области распространения геотермальных месторождений Бассейнов и Хребтов в зоне голоценовых разломов северо-северо-восточного простирания.

2. ИНВЕРСИОННОЕ iTOUGH2-EOS1 ТЕРМОГИДРОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЕСТЕСТВЕННОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ ФЛЮИДА ВУЛКАНОГЕННОМ РЕЗЕРВУАРЕ

Рассмотрим флюидный вулканогенный резервуар на глубинах 2.5–2.8 км, перекрытый толщей плохопроницаемых глинисто-аргиллитовых отложений. Температура в резервуаре 120–130 °С, давление 290–310 бар. Для анализа условий циркуляции флюида в резервуаре и объяснения наблюдаемых термогидродинамических аномалий использована трехмерная модель. Размеры области моделирования охватывали 10 × 8 × 3 км³, использовалась прямоугольная вычислительная сетка 10 × 8 × 30. Резервуар включает слои ## 2–6 модели. Верхний слой (#30) задан с фиксированным давлением 10 бар и температурой 5 °С. Нижний слой модели (#1) включает источники (вероятные зоны поступления глубинного теплоносителя, в которых задаются массовые расходы и энтальпии), стоки (вероятные зоны нисходящих потоков, где задаются отрицательные массовые потоки), и кондуктивные тепловые источники во всех элементах.

Инверсионное iTOUGH2-EOS1-моделирование использовано для оценки тепломассопотоков. Калибровка модели основана на 41 точке измерения температуры и 20 точках измерения давления (в разведочных скважинах). Моделирование естественного состояния проводилось на 10⁶ лет. Получены следующие оценки параметров модели: кондуктивный тепловой поток 50.2 мВт/м²; проницаемости перекрывающих комплексов: 0.0011–0.19 мД; расход восходящего потока 3.6 кг/с; расход нисходящего потока: 3.6 кг/с.

Результаты концептуального термогидродинамического iTOUGH2-EOS1, TOUGH2-EOS10 моделирования в сочетании с анализом геологических, геохимических и геофизических данных показывают, что возможным сценарием формирования нефтяной залежи в пределах указанного выше вулканогенно-осадочного резервуара является поступление нефтесодержащего флюида снизу по каналам жерловой формации вулканических аппаратов, концентрация нефти и формирование нефтяных залежей приурочено к структурно-фильтрационным ло-

вушкам на кровле резервуара, примыкающих к каналам поступления нефтенасыщенных флюидов.

3. iTOUGH2-EOS10 ТЕРМОГИДРОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЕСТЕСТВЕННОГО СОСТОЯНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ НЕФТЯНОГО ВУЛКАНОГЕННОГО РЕЗЕРВУАРА

3.1. Адаптация iTOUGH2-EOS10 для решения тестовых задач

Программный комплекс iTOUGH2-EOS10 адаптирован для моделирования нефтяной залежи (вулканогенно-осадочный резервуар), редактирование программы заключалось в редуцировании EOS10 для описания двухфазной (водная и нефтяная фазы, двухкомпонентной (нефть и вода) системы), учета повышенной плотности водной фазы, модификации функций относительной проницаемости и капиллярного давления применительно к опытным данным. При решении тестовых задач рассмотрены варианты моделирования с учетом «двойной пористости», различными условиями смачивания (гидрофильный резервуар, негидрофильный резервуар), пониженной проницаемостью матрицы.

При моделировании использована полигональная вычислительная сетка Вороного, что особенно эффективно в связи с подсчетом эксплуатационных запасов в областях современного вулканизма (месторождения 3-й группы сложности) (Кириухин и др., 2010), т.к. в этом случае обобщенные параметры элементов модели определяются непосредственно, т.е. по существу происходит редукция гидродинамической модели к гидравлической.

3.2. Параметризация и калибровка модели

Для калибровки модели использованы начальные насыщения водной фазы усредненные по объемам соответствующих элементов модели, среднемесячные данные по динамике изменения расхода нефтяной фазы и жидкости (сумма нефтяной и водной фаз). В качестве калибровочных данных использовано 42 калибровочных точки по начальному нефтенасыщению, определенных по РИГИС (гидростатическое перераспределение фаз) и данные по динамике изменения расхода нефтяной фазы в одиннадцати добычных скважинах (калибровка по истории эксплуатации), общее число калибровочных точек – 819. При моделировании рассмотрено два базовых варианта: гидрофильный и гидрофобный, с соответствующими функциями капиллярного давления.

В качестве оцениваемого модельного параметра использовалось начальное насыщение водной фазы. После калибровки модели по начальному состоянию и истории эксплуатации проводилась дополнительная калибровка с целью оценивания коэффициентов продуктивности добычных скважин при их прогнозной эксплуатации с заданным забойным давлением и проектными начальными прогнозными расходами. В результате калибровки выполнена оценка начального насыщения водной фазы и нефтенасыщения, а также начальные запасы нефти в модельном объеме для гидрофобных и гидрофильных условий. В целом, гидрофильный вариант по сравнению с гидрофобным – лучше сходится с фактическими данными по начальному нефтенасыщению, но завышает продукцию нефти, в то время как расчет по гидрофобному ее занижает.

После калибровки модели выполнено прогнозное iTOUGH2-EOS10-моделирование основных показателей разработки (добыча нефти и жидкости при заданном забойном давлении).

Литература

Кирюхин А.В., Николаева Е.В., Батулин А.Ю. Сравнительный анализ геолого-термогидродинамических моделей нефтяного и геотермальных месторождений в вулканогенных комплексах разного возраста // Материалы Всерос. конф. «Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть, газ и их парагенезы». Москва, 2008. С. 204-206.

Кирюхин А.В., Асаулова Н.П., Манухин Ю.Ф., Рычкова Т.В., Сугробов В.М. Использование численного моделирования для оценки эксплуатационных запасов месторождений парогидротерм (на примере Паужетского геотермального месторождения) // Вулканология и сейсмология. 2010. № 1. С. 1–21.

Pruess K. (2001) Two-Phase Unsaturated Flow at Yucca Mountain, Nevada: A Report on Current Understanding // Flow and Transport Through Unsaturated Fractured Rock, 2-nd Edition. Geophysical Monograph 42. P. 113-133.

ПЕРСПЕКТИВЫ МАНТИЙНОЙ ГАЗОНОСНОСТИ ТИМАНО-СЕВЕРОУРАЛЬСКОГО РЕГИОНА (геофизические критерии)

Н.В. Конанова

Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар, konanova@geo.komisc.ru

The degree of differentiation of the lithosphere' density parameters is minimal at the Russian plate, a maximum at the West-Siberian, and an intermediate position at the Pechora plate. Relaxation zones of the temperature, pressure and stress are confined to the zones of contact of impermeable (cold) and permeable (hot) blocks of the Timan-Severouralsk region earth's crust and upper mantle and accompanied by the appearance of deep gas marks, fluid-saturated bodies in the earth crust.

В конце 80-х годов нами были начаты работы по изучению глубинного строения литосферы Печорской и Западно-Сибирской плит по принципу гравитационного зондирования, в основе которого был положен метод численного дифференцирования гравитационных аномалий А.К. Маловичко и О.Л. Таруниной, предусматривающий вычисление производных первого и второго порядка, проводился также расчет локальных, региональных и остаточных аномалий поля силы тяжести. В результате проведенных исследований построены первые плотностные модели строения мантии данной территории, отражающие реальное распределение плотностных параметров в объеме литосферы и подлитосферной мантии до глубины 800 км, выявлено слоисто-блоковое строение верхней мантии, стало возможным изучение проницаемости мантии исследуемой территории.

Модели глубинного строения литосферы по профилю MEZTIMPECH, кроме своей несомненной научной новизны, позволили нам констатировать, что разуплотненная мантия характеризуется отсутствием протяженных сейсмических горизонтов, а плотные породы верхней мантии – наличием протяженных площа-

док отражения и преломления сейсмических волн. Этот факт свидетельствует о том, что разуплотненное вещество верхней мантии имеет в своем составе породы частичного плавления, ассоциирующие с веществом астенолинз, астенолитов и других продуктов «горячей» астеносферы, а уплотненные породы верхней мантии, вероятно, уже отдифференцировались и остыли. При сопоставлении скоростного разреза мантии Урала и сопредельных территорий с плотностными разрезами, отмечалось их соответствие друг другу. Восточно-Уральская зона Урала выделяется повышенными значениями скорости и плотности, Предуральский краевой прогиб характеризуется пониженными значениями скорости и плотности в своей восточной части и относительно повышенными – в западной, Русская плита достаточно однозначно выделяется на разрезах плотными мантийными породами с юго-западным падением ее восточной границы.

В результате анализа полученных результатов мы можем констатировать, что степень консолидированности верхнемантийных пород исследуемой части Тимано-Североуральского региона максимальна в пределах северо-восточной окраины Русской плиты, минимальны – в пределах Западно-Сибирской, а у Печорской плиты занимают среднее положение. Плотностные неоднородности гранито-гнейсового комплекса верхней коры обусловлены особенностями плотностных параметров на глубине 10–15 км, а плотностные неоднородности гранулитобазитового комплекса нижней коры – на глубине приблизительно 25 км. Результаты гравиметрических исследований свидетельствуют, что современный тектонический план рассматриваемого региона связан со структурами верхней и нижней консолидированной коры. Нижне- и верхнекоровые плотностные неоднородности имеют "тиманскую" ориентировку в западной (платформенной) и крайней северной (Пай-Хой) части территории и субмеридиональную и северо-восточную – в восточной (Приуралье и Урал) ее части. Наблюдаемые взаимоотношения аномальных зон плотностных неоднородностей, вероятно, указывают на полихронность их формирования.

Нижняя кромка литосферы Печорской плиты залегает на глубине 160–350 км, Западно-Сибирской – 150 км. Границы Печорской плиты проходят по шовным зонам, характеризующимся повышенными значениями плотности горных пород и линейно-вытянутыми аномалиями плотностных параметров на уровне консолидированной коры и верхней мантии. Степень дифференцированности плотностных параметров пород литосферы минимальна для Русской плиты, максимальна для Западно-Сибирской, а для Печорской плиты занимает промежуточное положение.

Абсолютное большинство месторождений углеводородов южной части Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции пространственно приурочено к области распространения повышенной мощности гранулитобазитового слоя земной коры (нижней коры) региона, а в северной части ТПП – ограничено блоками повышенных мощностей гранито-гнейсового и гранито-диоритового подкомплексов консолидированной коры (верхней коры). Вслед за многими исследователями, которые занимались изучением взаимосвязи региональной нефтегазоносности и глубинного строения, мы также пришли к выводу, что в региональном аспекте роль нижней коры при формировании нефтегазоносных бассейнов оказывается весьма значительной. Приводится три фрагмента глубинных разрезов ГСЗ для Тимано-Североуральского региона и прилегающих территорий по Н.К. Булину и А.В. Егоркину, на которые вынесены гравиметрические данные. Совместный анализ сейсмических и гравиметрических данных позволяет сделать заклю-

чение, что максимальные градиенты изменения физических свойств горных пород по вертикали и латерали отмечаются в районе Возейских месторождений углеводородов, где наблюдается субвертикальное расположение скоростных (плотностных) контактов с глубины 100 км до поверхности консолидированного фундамента. Крупные скопления углеводородов Шапкина-Юрьяхинского нефтегазодобывающего района располагаются над границами мантийных плотностных неоднородностей, где наблюдается релаксация температур, давлений и, вероятно, происходит дефлюидизация и дегазация верхнемантийных пород. Для Западно-Соплесского скопления углеводородов характерна зона разуплотнения, ассоциирующая с проницаемыми породами литосферной мантии, распространяющаяся до глубин приблизительно 100 км. Зона контакта «холодных» и «горячих» литосферных блоков в пространственном отношении, видимо, отвечает за возникновение разломов и объектов с пониженными значениями скорости в консолидированной коре.

Глубинные признаки мантийной газоносности определяются наличием плотных (непроницаемых) пород нижней коры, разуплотненных (проницаемых) пород верхней коры, разуплотненных пород нижней коры и верхней мантии, верхней коры повышенной мощности. В результате проведенных исследований выявлены перспективные участки на обнаружение повышенных концентраций мантийного гелия и газов мантийного генезиса в нефтегазовых месторождениях Тимано-Печорской нефтегазодобывающей провинции. На сопредельной территории Западной Сибири также имеется один такой перспективный участок, названный нами Приуральский. В пределах выявленных нами перспективных площадей следует ожидать присутствия залежей углеводородов с самым высоким процентным содержанием мантийных газовых составляющих.

В результате проведенных исследований глубинного строения литосферы и подлитосферной мантии Тимано-Североуральского региона выявлено, что залежи углеводородов изучаемого региона пространственно расположены над зонами контактов блоков земной коры и верхней мантии с высоко градиентными значениями физических параметров. Зона релаксации температур, давлений и напряжений, образующаяся на границах разнородных блоков литосферы от ее подошвы до кровли, оказывает значительное влияние на формирование геофизических неоднородностей с аномальными характеристиками по сравнению с вмещающими породами. Очевидно, что неорганическая составляющая нефтегазанности (особенно в плане газоносности) в виде источника тепла и энергии в зонах релаксации температур, давлений и напряжений в мантийной и нижнекоревых частях литосферы при формировании агрессивной геохимической среды дефлюидизата в верхнекоревых частях геологического разреза нефтегазодобывающих провинций весьма существенная. Таким образом мы приходим к выводу, что флюидогидрогеодинамическая теория нефтегазообразования (по Соколову и Гаврилову) «работает» и в пределах древней Печорской плиты. Зоны релаксации температур, давлений и напряжений, приуроченные к зонам контакта плотных (холодных, непроницаемых) и разуплотненных (горячих, проницаемых) блоков и земной коры, и мантии Тимано-Североуральского региона, сопровождаются появлением глубинных газовых меток, флюидонасыщенных тел в разрезе земной коры.

Литература

1. Удоротин В.В., Конанова Н.В. Глубинное строение литосферы по профилю МЕЗТИМРЕСН // Отечественная геология. №1. 2000. С. 15-23.
2. Геологические предпосылки выявления месторождений алмазов в Тимано-Уральском регионе / Н.П. Юшкин, А.М. Пыстин, Н.В. Конанова и др. // Региональная Геология и Металлогения. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2005. № 26. С. 115-120.
3. Конанова Н.В. Плотностные неоднородности литосферы Тимано-Североуральского региона // Отечественная геология. 2007. № 6. С. 28-33.
4. Конанова Н.В. Газоносность Тимано-Североуральского региона (глубинные критерии) // Междунар. научно-технич. журн. ГЕОРЕСУРСЫ. 2007. №4 (23). С. 37-39.
5. Конанова Н.В. Перспективы коренной алмазности зоны стыка Сысольского свода и Кировско-Кажимского авлакогена севера Волго-Уральской антеклизы // ДАН. 2008. Вып. 423. №4. С. 498-501.
6. Konanova N.V. Prospects of bedrock diamond-bearing capacity of the conjugation zone between the sysolsky anticline and Kirovsk-Kazhimsk aulacogen, north of the Volga-Urals antecline // Doklady Earth Sciences. 2008. Vol. 423A. № 9. P. 1348-1351.
7. Konanova N.V. Prospects of bedrock diamond-bearing capacity of the conjugation zone between the Sysol'sky anticline and Kirovsk-Kazhimsk aulacogen, north of the Volga-Urals antecline / <http://www.springerlink.com/content/225028v5498896w7/> SpringerLink on-line publication 9/01/2009
8. Конанова Н.В. Глубинное строение Пай-Хоя и сопредельных территорий. Сыктывкар, 1997. 96 с.
9. Актуальные научно-технические проблемы развития геолого-геофизических, промысловых и поисково-разведочных работ в Республике Коми: монография. Ухта: КРО РАЕН, 2001. 372 с.: ил. / О.С. Кочетков, В.И. Гайдеек, Л.Н. Алисиевич, К.В. Лебедева, Е.В. Колониченко, А.П. Абрамичев, Н.В. Конанова.
10. Конанова Н.В. Применение геофизических методов исследования скважин при поисках месторождений горючих сланцев // Горючие сланцы европейского севера СССР / Под ред. В.А. Дедеева. Я.Э. Юдовича. Коми НЦ УрО Академии наук СССР, 1989. С. 28-40.
11. Геодинамическая эволюция и геолого-геофизические межгеосферные взаимосвязи литосферы северо-восточной окраины Европейского кратона / А.М. Пыстин, Н.В. Конанова, Н.Н. Носкова и др.. Сыктывкар: Геопринт, 2008. 125 с.
12. Литосфера Тимано-Североуральского региона: геологическое строение, вещество, геодинамика, минерагения / А.М. Пыстин, В.Л. Андреичев, А.И. Антошкина, Н.В. Конанова и др. Сыктывкар: Геопринт, 2008. 240 с.
13. Конанова Н.В., Лыорова Т.А. Геоплотностные модели литосферы Печорской и севера Западно-Сибирской плит. Сыктывкар, 1993. 20 с. (Научные доклады / Коми НЦ УрО РАН; Вып. 324).
14. Глубинное строение и возможные геодинамические обстановки при формировании земной коры севера восточной окраины Европейского кратона в протерозое / А.М. Пыстин, Н.В. Конанова, В.Г. Оловянишников и др. Сыктывкар, Геопринт, 2003. 20 с.
15. Латеральные и вертикальные неоднородности и позднедокембрийская геодинамика северо-восточной окраины Европейского кратона / А.М. Пыстин, Н.В. Конанова, В.Г. Оловянишников и др. Сыктывкар: Геопринт, 2004. 24 с.
16. Строение и условия формирования верхней части консолидированной коры северо-восточной окраины Европейского кратона / А.М. Пыстин, Н.В. Конанова, В.Г. Оловянишников и др. Сыктывкар: Геопринт, 2005. 24 с. (Отчетная серия, №4 (36))
17. Геолого-геофизические межгеосферные взаимосвязи литосферы северо-восточной окраины Европейского кратона / А.М. Пыстин, Н.В. Конанова, Т.А. Пономарева и др. Сыктывкар, Геопринт, 2006. 14 с.
18. Строение и эволюция литосферы северо-восточной окраины Европейского кратона / А.М. Пыстин, Н.В. Конанова, Н.Н. Носкова и др. Сыктывкар: Геопринт, 2007. 16 с.

(Отчетная серия, № 10 (59)).

19. Типизация нижнего докембрия Тимано-Североуральского региона / А.М. Пыстин, Ю.И. Пыстина, Н.В. Конанова, И.Л. Потапов. Сыктывкар: Геопринт, 2009. 36 с. Отчетная серия № 4 (78).

20. Глубинное строение земной коры Карской кольцевой структуры / В.В. Удоратин, Н.В. Конанова, И.В. Попов и др. Сыктывкар: Геопринт, 2009. 28 с. Отчетная серия № 5 (79).

ГИДРАТНОЕ ПЕРЕМИРИЕ ВПРОИСХОЖДЕНИИ НЕФТИ И ГАЗА

С.В. Козлов

ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ», г. Пермь, ул. Ленина, 62

In this article presents a model of the origin of oil and gas, in which is determined a role of the hydrate reservoirs. By reason of row of the particularities in the development of Earth's biosphere, gas hydrate composition all get through the imperative temporary preservation. At achievement of the critical power of the sedimentary sorts in the protopool appears certain sequence of decomposition gas hydrate composition natural gas. From this time comes the main stage of oil and gas formation.

Трудную и интересную задачу задала природа, если на протяжении почти трех веков в научных кругах появляются и обсуждаются концепции происхождения нефти и газа. В этой жидкой и газообразной углеводородной цепочке в силу своего широкого распространения в последней четверти XX века достойное место заняли газогидратные отложения. Таким образом, природа, меняя концентрацию УВ от «следов», до значительных объемов в виде местоскоплений выстроила стройную триаду: газ, жидкость, твердое вещество под общим названием – месторождения углеводородов.

Только факты:

- На сегодня в мире открыто более 500 месторождений и нефтегазопроявлений ниже осадочного чехла в породах фундамента, где сосредоточено около 15 % доказанных запасов нефти. На известных месторождениях (Белый тигр, Хасси-Мессауд и т.д.) продуктивные толщи представлены породами различного возраста и состава. В первом случае это мезозойские гранитоиды, во втором – кембрийские кварцитопесчаники. Мощность продуктивной зоны на месторождении Белый Тигр в гранитах составляет более 1600 метров (1).

- Более детальный анализ показывает, что границы крупных и уникальных месторождений в породах фундамента и осадочного чехла обусловлены крупными деформациями земной коры. А приуроченность их к определенному резервуару, *это заслуга емкостных характеристик пород, благоприятных тектонических условий и действия множества других факторов* (2). Не всегда био-генная концепция дает объяснение по локализации огромных скоплений углеводородов в определенных районах на одном двух месторождениях с учетом наличия исходного органического вещества.

- Химический состав нефти по регионам сильно отличается в зависимости от места нахождения. Такое разнообразие физико-химических свойств нефти труд-

но объяснить только стадиями диагенеза органического вещества при однотипном практически исходном ОВ сапропелевого состава. Тем более что воспроизвести на сегодня весь биогенный цикл синтеза нефти из ОВ никто не смог ни теоретически, ни экспериментально.

- Выводы, сделанные В.В. Поспеловым в работе (3) достойны того, чтобы их в тезисной форме привести практически полностью: нефтегазоносность фундамента отмечается в платформенных областях и в межгорных впадинах. Гидродинамическая связь залежей фундамента и чехла присуща большинству известных месторождений. Практически все открытые месторождения УВ связаны с зонами региональных несогласий и приурочены к погребенным положительным структурам (выступам), расположены вблизи разломных дислокаций, где выражена неотектоническая активность.

- Исследователи Вашингтонского института Карнеги (2009 г.) провели уникальный эксперимент с использованием алмазных наковален, выдерживающих огромные давления. Геофизики создали условия соответствующим верхним слоям мантии вблизи нижней границы земной коры (давление в 20 тысяч атмосфер и температура в диапазоне от 700 до 1500 градусов Цельсия), поместив внутрь рабочей области наковальни метан. Изучив спектральный состав углеводородов после эксперимента исследователи обнаружили, что в рабочей области наковальни образовались более тяжелые углеводороды – этан, пропан и бутан, а так же водород и углерод.

- Если имеются некие пограничные термобарические условия, отвечающие такой области устойчивости, то гидратные отложения при достаточном количестве газа и воды рано или поздно образуются. Вместе с тем, разложение гидратов обычно происходит более легко, чем образование. Разложение происходит не сразу, и гидраты могут храниться очень большое время за счет эффекта самоконсервации. При достижении критических условий в местоскоплении газогидратов (ГГ), в первую очередь температуры, начинается обвальное разложение ГГ.

- Смеси идеальных газов характеризуются аддитивностью парциальных давлений и парциальных объемов. Это означает, что каждый газ в смеси ведет себя так, как если бы он в данном объеме был один.

Вывод первый:

В эволюции биосферы Земли в силу ряда особенностей практически все гидратообразующие компоненты проходят через обязательную временную консервацию, которая может продолжаться многие десятки миллионов лет.

Условия образования и разрушения палеогазогидратной залежи (ПГЗ) находятся из соотношения Р-Т условий. Термобарические условия при образовании ПГЗ, в свою очередь, есть функция глубины водного бассейна. Температура придонных осадков, как показывает палеорекострукция, находится в интервале от 0 до +5 °С. Давление определяется весом столба жидкости морского (про)бассейна средней минерализацией 30 г/л плотностью 1022 кг/м³. Для данных условий выполнена палеотермобарическая реконструкция образования газовых гидратов с определением **верхнего интервала** палеоглубин в придонных отложениях с учетом поступления газа и наличия свободной воды. При достижении некоторой критической температуры (палеотемпературы – Тп) с учетом палеогеотермического градиента (ПГГ) в толще осадочных пород начинается этап разрушения погребенной ПГЗ. Получено выражение позволяющее определить мощность

перекрывающих горных пород (Нг.п.) при которой ПГЗ входит в зону метастабильного состояния с учетом равновесных параметров гидратообразования индивидуальных компонентов природного газа.

В морском бассейне в силу особенностей осадконакопления накапливаются различные мощности осадков, в т. ч. и мощности будущей покрышки. Общее **равномерное** опускание территории приводит к тому, что при достижении мощности осадочных пород около 500 метров в протобассейне возникает некая последовательность разложения гидратообразующих компонентов природного газа: сначала в газовую фазу переходит азот. Потом в газовую фазу переходит пропан-бутановая фракция, далее самый распространенный газ – метан, потом – двуокись углерода. В последнюю очередь из гомологов метана идет разложение этана. Самым устойчивым в представленном ряду является сероводород (рис. 1). Понятно, что представленная схема отражает общие тенденции в условиях равномерного опускания территории. Согласно данной последовательности разложения ПГЗ возникают как следствия вариации по химическому составу нефтяного и природного газа по месторождениям УВ. В первую очередь это касается содержания азота и сероводорода. Для азота индикативной характеристикой образования ПГЗ является глубина водного бассейна, для сероводорода разрушение ПГЗ определяет мощность горных пород. Таким образом, факторами нефтегазодности, или движущими силами и условиями контролирующими процессы формирования – разрушения ПГЗ выступают тектонические критерии определяющие **неравномерность подъема и опускания территории, а также литологические – определяющие характеристики покрышки и коллектора**. Если мощность флюидопора недостаточна или сплошность ее нарушена, то идет разрушение и дегазация УВ.

Вывод второй:

Появление жидкой фракции является важным и достаточным условием в генезисе УВ. На глубинах 10–20 км в земной коре, исходя из критических параметров, в первую очередь температуры, уже могут существовать жидкая и паровая фазы УВ. Это, в первую очередь, пентан-гексановая фракция. Известно также, что в области высоких давлений жидкости становятся более летучими. Глубинные разломы и зоны разуплотнения рассматриваются многими исследователями как проводящие каналы дегазации мантии, по которым газовые струи мигрируют через глубокие части земной коры с последующим вертикальным и латеральным проникновением в приразломные поднятия.

Зародившаяся придонная ГГ залежь как «гриб» разрастается по площади и толщине до масштабов будущих месторождений и более. Поступающие новые порции флюидов в т.ч. по диффузной схеме увеличивают объем и создают площадной характер распространения ГГ. На определенном этапе сами ГГ отложения начинают выполнять роль локальной покрышки препятствуя в первую очередь вертикальной миграции жидких и газообразных УВ. Так возникает ГГ прозалежь, сохранность которой заложена в свойствах ГГ отложений выполняющих функцию покрышки, а условия консервации обеспечиваются текущими Р-Т условиями. Скорость накопления гидратных отложений, в палеозалежи по данной схеме довольно высокая. Представляется, что ресурсы УВ 1 млрд м³ по газу, формируются по геологическим меркам за небольшой промежуток времени 1000–10000 лет.

Диаграмма образования и разрушения газовых гидратов (ГГ) основных компонентов природного газа при температуре $0 \pm 5^\circ\text{C}$ в зависимости от глубины моря и мощности осадочных горных пород

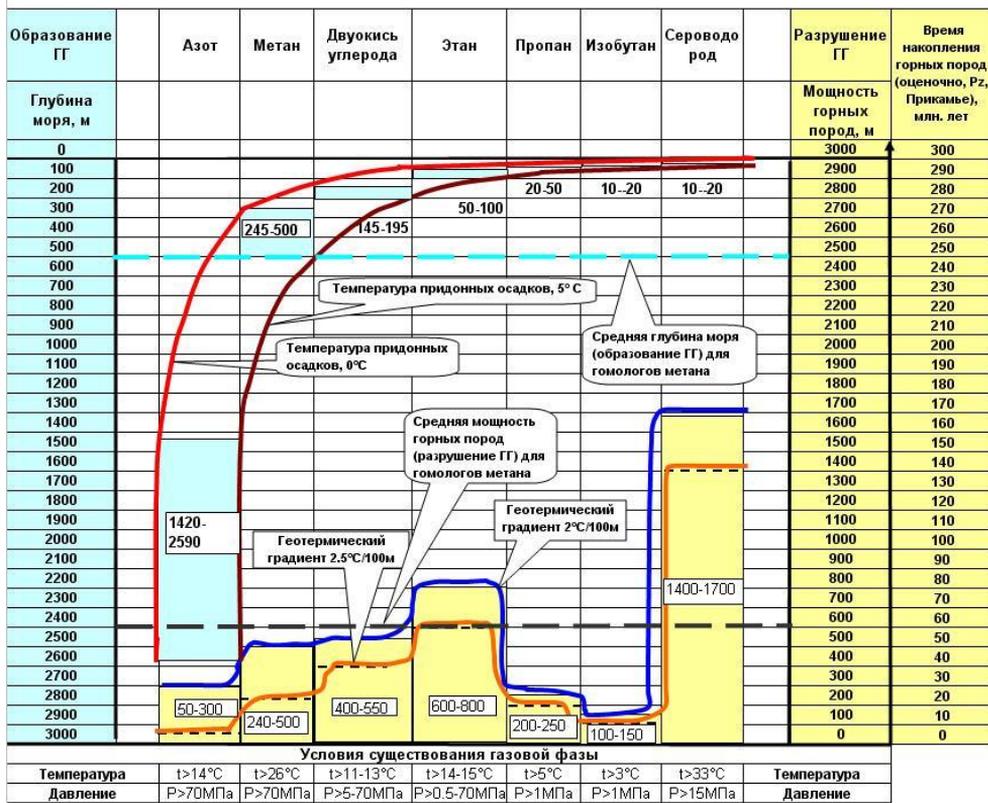


Рис. 1

Для сравнения, за указанное время накапливаются первые сантиметры осадочных горных пород, которые при такой мощности не могут выполнять роль надежной покрывки.

Важный генетический признак в представленной схеме приобретают доманиковые отложения в образовании ПГЗ. Данный комплекс пород в Прикамье принято рассматривать как основной нефтегазоматеринский. Комплекс представлен аргиллитами с повышенным содержанием ОВ. Известно, что для процесса гидратообразования важную роль отводится наличию центров кристаллизации. Такую роль идеально выполняют глинистые частицы. Для пелитовых фракций характерна максимальная удельная площадь поверхности частиц и влагоемкость достигающая 60–80 %. Поэтому, глинистые толщи из которых выжимание свободной воды заканчивается в основном при мощности пород до 800 метров, идеально аккумулирует ПГЗ.

Вывод третей:

В осадочном чехле продукты разложения газогидратной прозалежи в газо-жидкостном струйном состоянии достигают биогенных толщ, содержащих органическое вещество и биохимические газы. Здесь в результате биогеохимических реакций продукты разложения ГГ соединяются с ОВ, что приводит к образованию УВ нефтяного ряда. *С этого момента и наступает главный этап, который принято называть главной фазой нефтегазообразования.*

ГГ залежи являются некими аккумуляторами углеводородного вещества, которые в силу изменений Р-Т условий начинают разряжаться и подпитывать будущие залежи нефти и газа. С учетом выше обозначенных критериев, исходя из возможных сценариев развития территории нефтегазоносности, выполнена палеорекострукция крупных структурных элементов Пермского края. Полученные данные подтвердили правильность выбранных нефтегазопоисковых критериев и модели генезиса УВ.

Литература

1. *Гаврилов В.П., Дзюбло А.Д., Поспелов В.В. и др.* // Геология нефти и газа. 1995. № 4.
2. *Индукеев Ю.В.* Неорганическая (эндогенная) концепция генезиса нефтяных и газовых месторождений и необходимость расширения набора поисковых признаков, позволяющих прогнозировать новые нефтегазоносные площади. Новосибирск: СНИИГТ и МС, 2004.
3. *Поспелов В.В.* Кристаллический фундамент: геолого-геофизические методы изучения коллекторского потенциала и нефтегазоносности. М.: РГУ нефти и газа И.М. Губкина, 2005.

КОНВЕРГЕНТНЫЕ МЕТАСОМАТИТЫ В ОСАДОЧНЫХ ТОЛЩАХ КАК ИНДИКАТОРЫ КАНАЛОВ МИГРАЦИИ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ФЛЮИДОВ

В.Г. Колокольцев¹, А.И. Ларичев¹, К.Г. Скачек²

¹Всероссийский научно-исследовательский геологический институт (ВСЕГЕИ), kolokoltsev@rambler.ru; ²ТПП «Когалымнефтегаз» г. Когалым

CONVERGENT METASOMATITES IN SEDIMENTARY STRATA AS INDICATORS OF MIGRATION CHANNELS OF HYDROCARBON FLUIDS

V.G. Kolokoltsev¹, A.I. Larichev¹, K.G. Skachek²

¹Russian Geological Research Institute (VSEGEI), kolokoltsev@rambler.ru
²TPP "Kogalymneft", Kogalym

In the Mesozoic cover of the West Siberian Plate, extraordinary metasomatites masked as sedimentary rocks and taking part in oil trap formation were discovered.

Каналы миграции углеводородов являются составной частью флюидных динамических систем, которые, согласно Г.Л. Поспелову (1973), служат базой для развития функциональных систем метасоматоза. Флюидная динамическая система – это и поток вещества, и зона ускорения его движения, и область активизации физико-химических процессов. Углеводородные флюиды формируют месторождения нефти и газа, при этом, выступая в роли растворителей, транспортеров вещества и компонентов химических реакций, являются локализаторами интенсивных метасоматических процессов. В осадочных толщах все это приводит

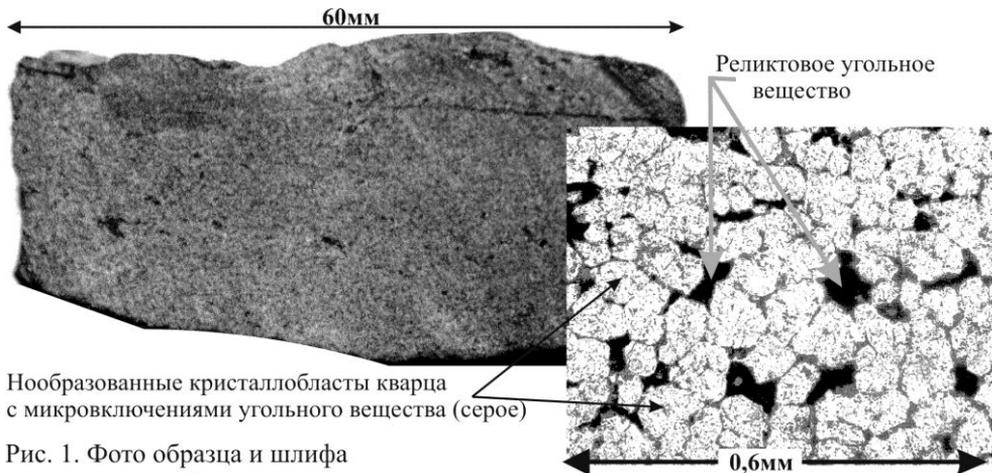


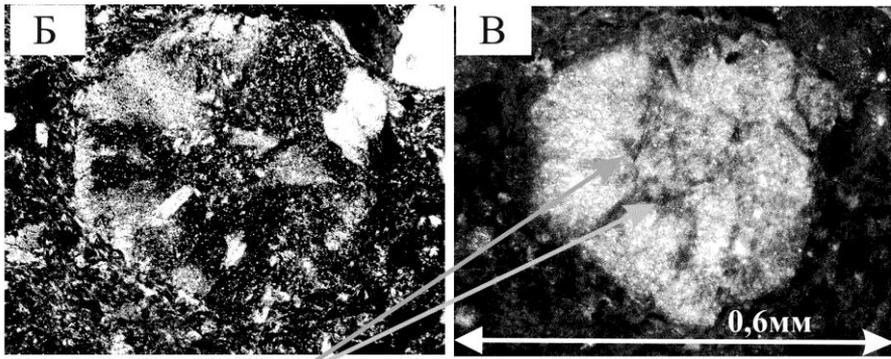
Рис. 1. Фото образца и шлифа алевролитоподобного метасоматита.

к тому, что породы теряют текстурную, структурную и вещественную исходную информацию о седиментогенных (фациальных) обстановках и в этом случае их необходимо идентифицировать как метасоматические породы.

Конвергентными метасоматитами называем такие, которые образуются метасоматическими процессами из осадочных пород и при этом приобретают структурно-текстурный облик и вещественный состав, свойственные другим разновидностям осадочных же пород (Колокольцев, 1999). К примеру, известняки, замещаясь кремнекислотой, приобретают облик кварцитовидных песчаников или глинистые (апоглинистые) породы, подвергаясь аналогичным процессам, становятся похожими на кварцевые песчаники, гравелиты, конгломераты и т.п.

Эти довольно сложно диагностируемые породы довольно широко распространены в осадочных бассейнах, привлекая внимание и геологов-рудников и нефтянников. По-видимому, подобные породы А.Е. Лукин называет коллекторами-метасоматитами.

В мезозойско-кайнозойском чехле Западно-Сибирской плиты вещественно-заменными, структурно-независимыми метасоматитами являются так называемые «вторичные известняки», образовавшиеся за счет замещения кальцитом апоглинистых пород. В таких метасоматитах иногда встречается текстура конус-в-конус, ориентировка основных элементов которой позволяет реконструировать вектор движения метасоматирующего флюида. Рассеянными структурно-останцовыми миксометасоматитами являются кальцитизированные псаммиты, служащие идеальным экраном (флюидоупором) в ловушках нижнемеловых нефтяных пластов. В таких миксометасоматитах нередко сохраняются лишь останцы былых песчаников частично сохранивших псаммитовую структуру. Кроме таких, в общем-то рядовых случаев метасоматоза, в мезозойских породах Западной Сибири встречены другие не часто встречающиеся и слабо охарактеризованные в литературе метасоматические образования, которые маскируются под осадочные породы и сведения о которых трудно найти в геологической литературе. В предлагаемом сообщении рассматриваются две разновидности конвергентных метасоматитов: алевролитоподобные и структурно сходные с пепловыми туфами.



Реликты углеродисто-слюдистого субстрата

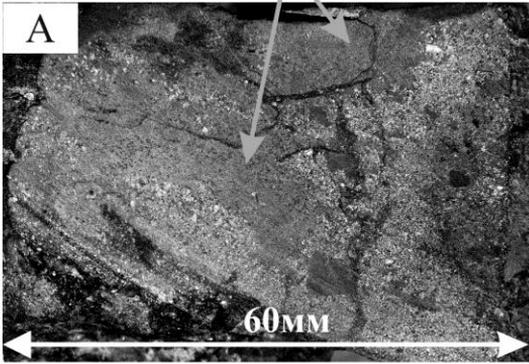
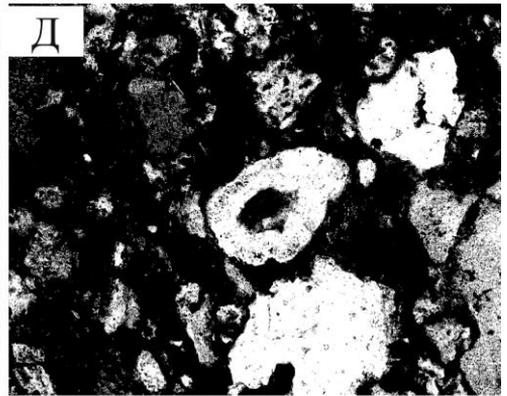
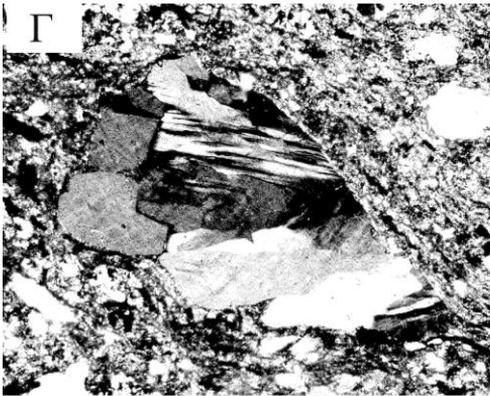


Рис. 2. Метасоматит со структурой, напоминающей пепловый туф. А- фото образца; Б,В,Г,Д - морфологические разновидности метасоматических кварцевых блоков: Б- мозаичный кристалл кварца (шлиф с анализатором); В- то же в косом свете; Г- обломковидный блок (с анализатором); Д- оvoidный и лапчатые блоки (без анализатора).



Алевролитоподобные кварцевые метасоматиты вскрыты в северо-восточном крыле Сургутского свода в пределах месторождения Дружного в разрезе васюганской свиты. Локализованы в кровельной части угольного прослоя, который является материнским субстратом. Макроскопически метасоматит напоминает темно-серый битуминозный алевролит, за который и принят при полевой документации керна (рис. 1). В шлифе – это кварцевая (95 %) порода кристаллобла-

стической структуры. Размер кварцевых кристаллоблоков варьирует от 0,05 до 0,1 мм. Около 5 % площади шлифа приходится на реликтовое коричневаточерное непрозрачное углеродистое вещество, аналогичное подстилающему углю. Мелкие включения углистого вещества характерны и для кварцевых кристаллоблоков. Характерной особенностью метасоматита является отсутствие в нем каких-либо аксессуарных минералов. По классификации Г.Л. Пospelova это вещество-заменный структурно-независимый метасоматит с реликтами материнской породы. Вскрытая мощность метасоматита составляет 0,25 м.

Подошвенная часть (0,4 м) этого же угольного пласта также замещена, но не кварцем, а буровато-коричневым скрытокристаллическим кальцитом. Контакт кальцитового метасоматита с угольным субстратом постепенный. Шлифы демонстрируют высокую степень сохранности в кальцитолите клеточной структуры растительной ткани и позволяют идентифицировать породу как вещественно-заменный структурно-унаследованный метасоматит.

Метасоматиты, «маскирующиеся» под пепловые туфы, вскрыты примерно в 30 км юго-восточнее в контурах Вать-Еганского месторождения. Субстратом служили углеродисто-сланцевые сланцы предположительно триасового возраста, залегающие на светло-серых риолитах раннетриасового возраста. В 9-ти метрах выше контакта в интервале глубин 3432–3430 м в черных сланцах контрастно выделяются угловатые светло-серые блоки кварца размером от долей до 5, редко 10 мм. Визуально порода имеет брекчиевую текстуру, а в участках с преимущественно мелкими кварцевыми блоками она напоминает несортированный «мусорный» песчаник (рис. 2А). В шлифах примечательна разнообразная, иногда очень причудливая форма кварцевых блоков (рис. 2Г, Д), характерная и для продуктов эруптивной деятельности. В пользу метасоматической, а не эруптивной модели их генезиса свидетельствуют следующие наблюдения: а) для кварцевых блоков характерны реликты материнских сланцев с агрегатно-пелитовой крупно- и грубочешуйчатой структурой гидрослюды, что показывает на возникновение кварца в сильно литифицированной породе, а не в илистом осадке; б) наряду с морфологически причудливыми блоками встречаются идиоморфные зональные кристаллы кварца и мозаичные их разновидности (рис. 2Б, В); в) метасоматические блоки представлены всеми переходными модификациями кремнекислоты от опалово-халцедоновых до кварцевых монокристаллических.

Охарактеризованные новообразования являются индикаторами флюидопроводных зон. Фрагментарность имеющихся сведений не позволяет оценить истинные масштабы метасоматических процессов в Западно-Сибирском нефтегазоносном бассейне, но дает основание для предположения об их существенной роли в составе пород осадочного чехла и при формировании углеводородных ловушек.

ГЛУБИННЫЕ ФЛЮИДЫ И СЕЙСМИЧНОСТЬ

Ю.Ф. Копничев^{1,2}, И.Н. Соколова²

¹ Институт физики Земли РАН, Москва, Россия, yufk@kndc.kz

² Институт геофизических исследований НЯЦ РК, г. Алматы, Казахстан

We have been studying a relation between deep-seated fluids and shallow seismicity. Methods, based on an analysis of spatio-temporal variations of S wave attenuation field were used. Layers of big vertical extent, saturated by fluids, are being formed prior to large and great earthquakes. After large earthquakes fluids are ascending from the uppermost mantle into the earth's crust during a few ten years.

В работе обобщаются данные, свидетельствующие о важной роли глубинных флюидов в геодинамических процессах, происходящих в очаговых зонах сильных землетрясений до и после этих событий. Используются методы, связанные с изучением сейсмичности, а также пространственно-временных вариаций поля поглощения короткопериодных S-волн в земной коре и верхах мантии. Высокое поглощение S-волн свидетельствует о присутствии заметной доли жидкой фазы.

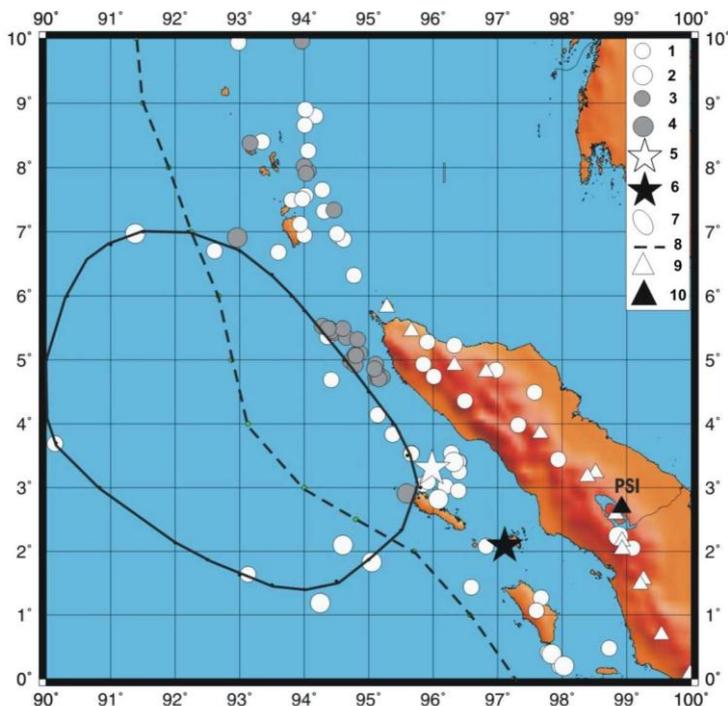


Рис. 1. Характеристики сейсмичности в районе очага Суматринского землетрясения.

Землетрясения за период 01.01.1969 – 25.12.2004:

1, 2 – глубины 0–33 км. Землетрясения за период 26.12.2004–27.03.2005: 3, 4 – глубины 34–60 км. 1, 3 – $5.5 \leq M < 6.5$, 2, 4 – $M \geq 6.5$. 5, 6 – соответственно эпицентры землетрясений 26.12.2004 и 28.03.2005 ($M_w = 8.3$). 7 – кольцо сейсмичности перед Суматринским землетрясением 26.12.2004. 8 – ось глубоководного желоба, 9 – вулканы. 10 – сейсмическая станция

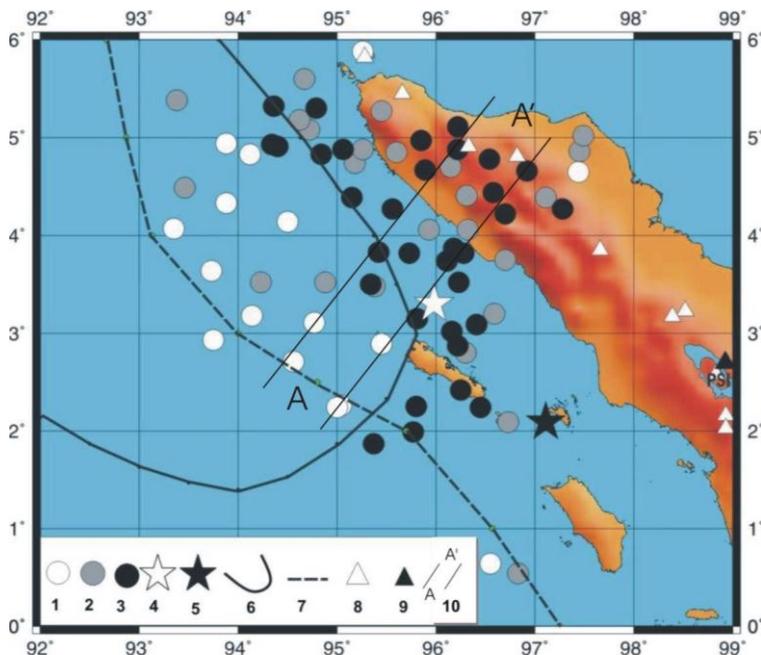


Рис. 2. Неоднородности поля поглощения поперечных волн в районе очага Суматринского землетрясения.

Поглощение: 1 – пониженное, 2 – промежуточное, 3 – повышенное; 4, 5 – соответственно эпицентры землетрясений 26.12.2004 и 28.03.2005; 6 – кольцо сейсмичности перед землетрясением 26.12.2004; 7 – ось глубоководного желоба; 8 – вулканы; 9 – сейсмическая станция; 10 – профиль, для которого рассматривается зависимость эффективной добротности от расстояния до желоба

Установлено, что перед многими сильными и сильнейшими землетрясениями в течение нескольких десятков лет формируются кольцевые структуры, образованные эпицентрами относительно слабых землетрясений. На рис. 1 показаны эпицентры всех неглубоких ($h \leq 33$ км) относительно сильных ($M \geq 5.5$) событий, произошедших в южной части очаговой зоны Великого Суматринского землетрясения 26.12.2004 г. ($M_w=9.0$) начиная с 1969 г. В области между 1° и 7° N эпицентры сформировали кольцевую структуру с большой осью размером около 700 км, вытянутую в северо-западном направлении. На рис. 2 представлена карта поля поглощения S-волн в верхах мантии рассматриваемого района (по данным станции PSI). Видно, что в районе между желобом и о. Суматра выделяются две линейные полосы сильного поглощения, простирающиеся в северо-западном и северо-северо-восточном направлениях. Следует отметить, что восточная часть кольца неглубокой сейсмичности приурочена к участкам этих полос. Внутри кольца сейсмичности наблюдается сравнительно слабое поглощение. Отсутствие современного вулканизма говорит о том, что кольцевая структура связана с присутствием флюидов в верхах мантии (главным образом в мантийном клине).

В зонах субдукции, кроме “мелких“, формируются также “глубокие“ кольца сейсмичности (на глубинах 34–70 км). Интересно, что эпицентры сильных и сильнейших землетрясений находятся, как правило, вблизи областей пересечения или

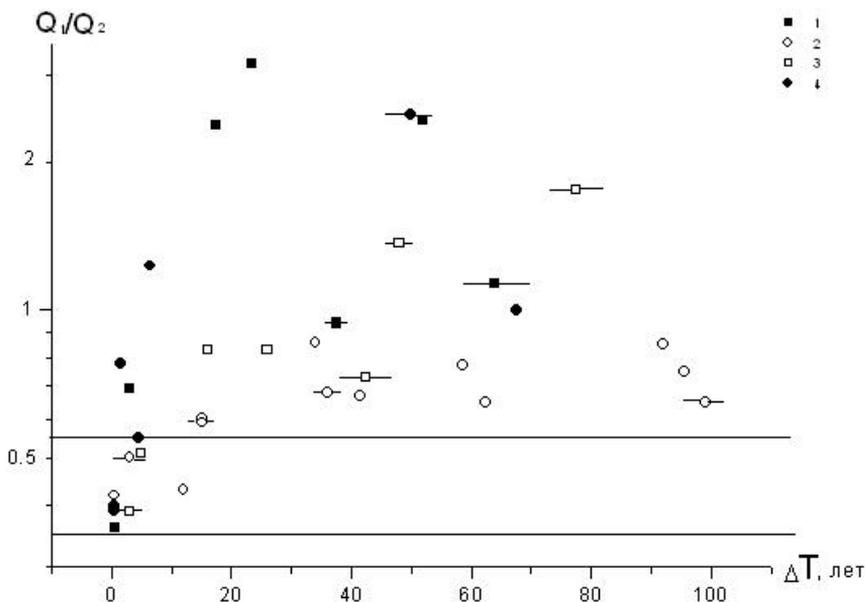


Рис. 3. Зависимость величин Q_1/Q_2 от времени ΔT , прошедшего после сильного землетрясения. Горизонтальная полоса – границы области $\pm\sigma$ для районов, где не было событий с $M \geq 6.5$ с 1900 г.

Механизмы землетрясений: 1 – сбросы и сбрососдвиги, 2 – взбросы и надвиги, 3 – взбрососдвиги, 4 – сдвиги. Горизонтальные риски – временные интервалы (в остальных случаях они не превышают размеров значка)

наибольшего сближения мелких и глубоких колец. Скорее всего, это объясняется концентрацией напряжений на кровле двухфазного слоя с сообщающимися порами и трещинами, заполненными флюидами.

Исследованы также пространственно-временные вариации поля поглощения после нескольких десятков сильных и сильнейших ($M=7.0-8.6$) землетрясений из разных районов земного шара. Анализировались параметры Q_1 и Q_2 , характеризующие добротность среды на глубинах соответственно до 200–250 км и в более глубоких горизонтах верхней мантии. На рис. 3 показана зависимость параметра Q_1/Q_2 от времени ΔT , прошедшего после сильного землетрясения. Величины Q_1/Q_2 закономерно растут со временем в течение 20–25 лет, быстрее всего для механизмов типа сброса и сбрососдвига. Это свидетельствует о постепенном подъеме флюидов из верхов мантии в земную кору, что согласуется с другими сейсмическими, а также гравитационными данными.

Таким образом, с одной стороны, присутствие флюидов в верхах мантии облегчает подготовку сильных землетрясений, а с другой – после сильных сейсмических событий в результате увеличения проницаемости горных пород ускоряется их подъем в земную кору. С помощью предложенных методов выделены аномальные зоны в районах северных Курил, Камчатки, северо-восточной Японии, Суматры, Южной Америки, а также Памира и Тянь-Шаня, которые могут быть связаны с подготовкой сильных землетрясений.

ПАЛЕОВНЕДРЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ФЛЮИДОВ В ОТЛОЖЕНИЯХ ПЕРМСКОГО ВОЗРАСТА НА СЮКЕЕВСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ БИТУМОВ

Э.А. Королев¹, В.А. Трофимов², И.А. Хузин¹

¹Казанский федеральный университет, г. Казань, ул. Кремлевская, 8

²Институт геологии и разработки горючих ископаемых, г. Москва, ул. Вавилова, 25, к.1

There are three types of introduction zones hydrocarbons contained fluids in exposures over a bitumen reservoir of the Sukeevskoe deposit: disseminated, shtokovogo and crack-tendon type. In given their mineralogical characteristic.

Сюкеевское битумное месторождение находится в западной части Республики Татарстан и приурочено к брахиантиклинали, осложняющей юго-восточную оконечность Улеминского вала. Породами-коллекторами являются кавернозные биохеогенные доломиты, флюидоупорами – перекрывающие их гипсовые пласты и доломитовые мергели эвапоритового осадочного комплекса верхнеказанского подъяруса [4].

Формирование углеводородных залежей, как правило, сопровождается повышением пластового давления в пределах пласта-коллектора. Наличие литологической неоднородности перекрывающих пластов может спровоцировать их прорыв с последующим внедрением флюида в вышележащие породы. В результате подобных инъекционных прорывов над залежами формируются локальные зоны разгрузки, в пределах которых происходят существенные преобразования исходных пород.

В пределах Сюкеевской локализирующей структуры можно выделить три основных типа внедрения флюидов: рассеянного типа, штокового типа, трещинно-жильного типа.

Проявления **рассеянной восходящей миграции флюидов** фиксируется по интенсивной пиритовой минерализации сульфатно-карбонатных пород-покрышек, перекрывающих битуминозные доломиты верхней битумной залежи. Пирит образует многочисленные обособленные стяжения размером от 0,1 до 20,0 мм. Форма стяжений может быть самая разнообразная – сферическая, линзообразная, чаще произвольная. Последняя обусловлена нарастанием на поверхности отдельных конкреций более мелких агрегатов, которые придают сростками всевозможные причудливые морфологические формы. Гипсовая порода на контактах с пиритовыми агрегатами перекристаллизована сильнее, по сравнению с удаленными участками. В отдельных случаях пиритовая минерализация выполняет вертикальные трещины, секущие гипсовый пласт. Все это указывает на то, что пирит по отношению к гипсу является вторичным минералом. Серный колчедан, по данным работ Миропольского Л.М. [3], характеризуется высоким содержанием никеля, который изоморфно замещает железо в структуре минерала. Помимо пирита никель также встречается и в виде темно-зеленых налетов заратита ($\text{NiCO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$), который развивается по поверхности окисленных стяжений FeS_2 .

Весьма интенсивная локальная пиритизация в совокупности с повышенным содержанием никеля позволяют по аналогии с другими подобными объектами рассматривать их в качестве следов рассеянной миграции легких углеводородов, создающих восстановительную среду в породах-покрышках [2].



а



б

Рис. 1. Зоны внедрения углеводородсодержащих флюидов:
а – штокового типа; б – трещинно-жильного типа

Под внедрениями штокового типа подразумеваются относительно небольшие вертикальные зоны флюидной проработки осадочных пород, имеющие в объеме цилиндрическую, либо близкую к таковой форму. Подобный тип внедрения, как правило, приурочен к сводовой части Сюкеевской брахиантиклинали. Его особенностью является глобальное изменение состава пород в локальных участках. По характеру и интенсивности воздействия на породы-покрышки можно выделить штоки травертиновые и штоки брекчированных пород [1].

Травертиновые штоки представляют собой вертикальные, небольшие по диаметру (до 2,5 м) трубчатые каналы, секущие доломиты и доломитовые мергеля над битуминозной залежью. Обычно каналы доходят до мощного 2,5–3,0 м гипсового пласта, где они резко прерываются. Травертиновое тело штока фиксируется лишь там, где он проходит через карбонатные породы. **Штоки брекчированных пород** представляют собой вертикальные каналы диаметром до 3,0 м, в пределах которых осадочные породы сильно раздроблены (рис. 1а). Угловатые обломки исходных доломитов и доломитовых мергелей сцементированы натечными корочками эпигенетического кальцита красно-бурого, темно-коричневого либо медово-желтого цвета. В пределах штоков реликты карбонатных пород могут иметь различную ориентировку в зависимости от интенсивности флюидной проработки. При щадящем воздействии, когда внедрение растворов шло в основном по границам плитчатых отдельностей пород, обломки сохраняют первичное залегание. В случае сильного воздействия, когда флюиды шли, прорывая и выщелачивая исходные породы без учета их литологических особенностей, обломки приобретали наклонное и субвертикальное положение. Натечный кальцит, цементирующий взломанные породы, образует кокардовые оторочки по границам обломков, состоящие их шестоватых кристаллов ориентированных перпен-

дикулярно подложке. В межзерновом пространстве кальцитовых кристаллов располагаются механические примеси окислов и гидроокислов железа, придающих своеобразную окраску аутигенным натечным агрегатам. Неравномерное выщелачивание карбонатных пород и последующая такая же неравномерная цементация привели к появлению многочисленных, самых разнообразных по размерам и форме каверн, которые во всех направлениях пронизывают тело штока.

Характерной особенностью всех штоков является наличие над ними сквозных трубчатых каналов, проходящих через мощный (2,5–3,0 м) гипсовый пласт, залегающий над доломитами пронизанными штоками. Над травертиновыми штоками формируются многочисленные каналы небольшого диаметра (10,0–15,0 см) напоминающие органые трубы, над штоками, состоящими из катаклазированных пород, образуется один канал диаметром 40,0–80,0 см. В ряде случаев стенки каналов покрыты хрупкими ажурными корочками кальцита и халцедона. В пристеночной области гипс-алебастр перекристаллизован в игольчатые агрегаты.

Внедрения трещинно-жильного типа возникали в случаях проникновения углеводородсодержащих растворов в полости трещин. Являясь неравновесным по отношению к вмещающей породе, флюид в пределах трещин активно перераспределял вещество, что зачастую приводило к образованию различных эпигенетических минералов, выполняющих трещинные полости. В пределах жильных тел прослеживается четкая минералогическая зональность: центральная часть выполнена халцедоновыми желваками, а периферия – корочками натечного кальцита (рис. 1б). Вокруг жил порода интенсивно пропитана битуминозным веществом.

Выявление в обнажениях зон флюидных палеовнедрений имеет большое значение для понимания сути нефтеподводящих каналов, прогнозируемых на нефтегазоносных территориях по данным геофизических и промысловых исследований в более глубоких частях осадочного чехла и в верхней части кристаллического фундамента. Так, наблюдаемые на сейсмических временных разрезах субвертикальные динамические аномалии, отображаемые и понижениями гравитационного поля, имеют несомненные черты сходства с выявленными в обнажениях зонами палеовнедрений [5]. Это позволяет более уверенно интерпретировать геофизические данные и обосновывать бурение скважин на прогнозируемые нефтеподводящие каналы.

Литература

1. *Королев Э.А., Хузин И.А.* Штоковые зоны флюидного внедрения в отложениях верхнеказанского подъяруса над битумной залежью Сюкеевского месторождения (состав, строение, генезис) // Нефть. Газ. Новации. 2009. № 9. С. 24-27.
2. *Курбский Г.П.* Геохимия нефтей Татарии. М.: Наука, 1987. 168 с.
3. *Миропольский Л.М.* Характеристика минерального комплекса и основных геохимических процессов в пермских отложениях у с. Сюкеево в Татарской Республике // «Уч. зап. Казанск. гос. унив.». Кн. 3-4, вып. 5-6. 1936. 95 с.
4. *Тропильский В.И., Гордеев Е.В.* История изучения, современное состояние и перспективы Сюкеевского месторождения битуминозных пород как объекта возможной комплексной разработки для использования в народном хозяйстве. Казань: Изд-во Казанск. Ун-та, 1990. 155 с.
5. *Трофимов В.А.* Глубинные сейсмические исследования МОВ-ОГТ на геотраверсе ТАТСЕЙС-2003, пересекающем Волго-Уральскую нефтегазоносную провинцию // Геотектоника. 2006. № 4. С. 3-21.

РОЛЬ ФЛЮИДОВ В МАГМАТИЗМЕ И ГЕОДИНАМИКЕ КОЛЛИЗИОННОГО ЭТАПА РАЗВИТИЯ КAVKAZA

Н.В. Короновский, Л.И. Демина

Геологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова

Detailed analysis of the chemical composition of the volcanites and minerals contained in them indicated that the transmagmatic deep fluids play the leading role in the magmatic petrogenesis of region. Effect of processes dehydration on geodynamics of a collision zone is considered.

Флюидный режим эндогенных процессов определяется геодинамическими обстановками. Например, магматизм в обстановках растяжения земной коры сопровождается восстановленным характером флюида (H_2 , CH_4 , CO). С развитием режима сжатия преобладают окисленные фазы: H_2O , CO_2 [Маракушев, 1984]. В то же время мантия характеризуется резко восстановительными условиями, следовательно, коллизионная обстановка сжатия способствует окислению глубинных флюидов.

Модель коллизионного магматизма с ведущей ролью процессов окисления глубинных трансмагматических флюидов наиболее полно объясняет химические особенности вулканитов, а также эволюцию расплавов при континентальной коллизии [Короновский, Демина, 1996; 1999; Демина, Короновский, 1998]. В ней учтены явления декомпрессии, дегидратации минералов, повышающие парциальное давление воды во флюиде, диссипативное выделение тепла при пластичном деформировании вещества нижней коры [Захаров, 1999].

В предложенной модели глубинный флюид является основным теплоносителем. Его происхождение может иметь двоякую природу: 1) отделение от остатков переработанного слеба, термодинамически неравновесного с окружающей мантией; 2) миграция с больших глубин, в том числе и с границы ядромантия, использующая неоднородности в мантии, созданные предшествовавшей субдукцией.

Помимо глубинных трансмагматических флюидов большую роль в магматическом петрогенезисе играла вода, высвобождающаяся при дегидратации водосодержащих минералов при метаморфизме в недрах коллизионной зоны. Природные реакции дегидратации зафиксированы в андезидацитах Казбекского вулканического района, где наблюдается замещение минералов из частично переработанных ксенолитов амфиболитов, амфибол-биотитовых и биотитовых кристаллических сланцев и гнейсов по краям и плоскостям спайности минералов: $Hrb \rightarrow Crx+Mt$; $Hrb \rightarrow Crx+Nup$; $Vi \rightarrow Cord+Kfs+Mt$; $Vi \rightarrow Cord+Nup$.

Часть ксенолитов существенно переработана, и в этом случае наблюдаются скопления темноцветных минералов (амфиболов, биотитов, пироксенов, реже оливинов) с плагиоклазом, при этом их химический состав существенно отличается от минералов гломеропорфировых сростков и вкрапленников. Пироксены, как правило, более железистые, амфиболы и биотиты также менее титанистые, а состав плагиоклаза изменяется в очень широких пределах. Довольно часто встречаются ксенолиты, в которых хорошо сохраняются первичные текстуры метаморфических пород со следами течения и катаклаза минералов. В ряде случаев на границах ксенолитов с вулканитами развиваются реакционные каймы. Например, в трахиандезитах вулкана Сурх-Крандух широко распространены ксенолиты

двупироксеновых кристаллических сланцев, плагиоклазовых амфиболитов, биотит-амфиболовых гнейсов. На контакте последних с трахиандезитом образуются реакционные каймы, сложенные парагенезисом $Orx + Crx + Pl + Kfs + Q$, отвечающим по сути двупироксеновым гнейсам гранулитовой фации. Химический состав реакционной каймы по сравнению с трахиандезитом обогащен кремнеземом и щелочами: $SiO_2 = 58.12\text{--}58.23\%$ и $57.14\text{--}57.22\%$; $Na_2O + K_2O = 7.18\text{--}7.29\%$ соответственно. В реакционной кайме отмечаются тонкие линзочки стекла трахитового состава ($SiO_2 = 63.35\text{--}63.45\%$, $Na_2O + K_2O = 10.78\text{--}10.85\%$). Во вмещающем ксенолит трахиандезите подобный состав имеет остаточное стекло. Таким образом, происходит резкое возрастание щелочности расплава, что обусловлено вполне подвижным поведением щелочей при взаимодействии флюида с расплавом [Коржинский, 1995].

Поскольку метаморфизм и палингенез в земной коре обусловлен миграцией как магм, так и флюидов, данный пример указывает, прежде всего, на возрастание щелочности флюида, равновесного с расплавом, а также на процессы дегидратации, протекающие в породах субстрата, поскольку водосодержащие биотит и амфибол кристаллических сланцев замещаются безводными пироксенами. Это в свою очередь приводит к возрастанию парциального давления воды во флюиде и, как следствие, понижению температуры плавления субстрата, т.е. способствует его плавлению.

Рост парциального давления воды способствует растворению ее в расплаве. Из всех летучих компонентов H_2O наиболее сильно уменьшает вязкость алюмосиликатных расплавов и оказывает определяющее влияние на подвижность природных магм во всем диапазоне глубин земной коры. Повышение в расплаве содержания щелочных металлов приводит к разрыхлению трехмерной алюмосиликатной сетки и ослаблению связей между кремнием и кислородом, благодаря чему повышается электропроводность и снижается вязкость алюмосиликатных расплавов [Граменицкий и др., 2000].

Природные реакции дегидратации минералов не редко фиксируются в шлифах метаморфических пород древних коллизионных областей. Реакции дегидратации минералов носят эндотермический характер, поэтому большинство исследователей связывают их с температурными условиями того или иного явления.

Вместе с тем они зависят не только от температуры, но и от давления и часто протекают с довольно значительным отрицательным объемным эффектом. Термодинамические расчеты с учетом химических составов минералов природных реакций, наблюдаемых в шлифах, показывают, что при образовании за счет амфиболитов двупироксеновых кристаллических сланцев объем твердых фаз уменьшается на 17 %, клинопироксен-гранатовых – на 26 %, а двупироксен-гранатовых – на 35 %. Для глиноземистых членов разреза дегидратация биотит-содержащих пород приводит к уменьшению объема твердых фаз на 12,5–24,6 % в зависимости от состава конечного парагенезиса.

Таким образом процессы дегидратации приводят к сокращению объема горных пород, их неравномерному уплотнению и, как следствие, перестройке структуры геологического пространства, поскольку геологическая среда, как правило, неоднородна и сложена породами с различными процентными содержаниями водосодержащих минералов. В целом явления дегидратации могут отчасти обеспечить поперечное сокращение коллизионного складчатого пояса на 5–17 % в зависимости от состава метаморфизируемого субстрата.

При коллизии в условиях горизонтального сжатия за счет геодинамического давления скорости реакций дегидратации существенно возрастают, поскольку при движении горных масс происходит диспергирование среды минералообразования особенно в пределах сдвигов. В свою очередь возрастание давления H_2O , высвобождающейся при дегидратации, способствует повышению пластичности толщ, что существенно облегчает перемещение блоков коры коллизионных зон по сдвигам. Кроме того, существенное повышение парциального давления воды во флюиде способствует снижению температуры плавления вмещающих толщ, развитию гранитизации и, как следствие, кислого магматизма коллизионных областей. В метаморфических комплексах гранитизация максимально проявлена при $P = 0,6\text{--}0,8$ ГПа, $T = 650\text{--}750$ °С, что близко к термодинамическим условиям выплавления кислых магм Большого Кавказа.

Для Кавказского синтаксиса термодинамические расчеты показали, что давления при плавлении первичных базальтов возросли с севера на юг от 0,95 до 1,2 ГПа, что соответствует глубинам с учетом нарастания плотности вещества от 35 до 50 км. Более глубинными выплавками в пределах Большого Кавказа являются трахибазальты потоков Ванати (Казбекская вулканическая область) и базальты района оз. Ван (Восточная Анатолия). Для кислых магм Чегема (Эльбрусская вулканическая область) различными методами давления генерации оценивается в 0,6–0,7 ГПа, а температуры – 750–900 °С. Физико-химический анализ парагенезисов глубинных ксенолитов из дацитов свиты рух-дзуар свидетельствует о том, что магмы выплавлялись на глубинах 20–22 км, поскольку в вулканитах обнаружены ксенолиты с зафиксированными явлениями палингенеза на уровне гранат-биотит-кордиеритовой минеральной фации (парагенезис $Gr+Bi+Cord+Pl+Kfs+Q$). Значения PT условий плавления по равновесиям пар $Gr+Bi$, $Gr+Cord$ составляют: $T = 800\text{--}850$ °С; $P = 6,5\text{--}7$ кбар. Доказательством корового происхождения большинства кислых и средних вулканогенных пород является их пересыщенность глиноземом (нормативный корунд) и частое присутствие в них ксенолитов осадочных, метаморфических пород, высокоглиноземистых минералов: граната, корунда, кордиерита, ставролита, силлиманита.

Расчетные данные PT условий выплавления первичных магм подтверждаются геофизическими данными, согласно которым в пределах земной коры Кавказского региона на глубинах 35–45 км и 13–20 км наблюдаются протяженные линзы с существенным разогревом, разуплотнением и частичным плавлением горных пород [Кенгерли, 1995]. В районе Кавказских Минеральных Вод на верхне- и нижнекоровом срезе земной коры также установлены подобные зоны [Греков и др., 2005]. Под Эльбрусом на глубинах от 30 до 45 км в базальтовом слое земной коры выделяется участок плавления [Шемпелев и др., 2005]. По данным И.С. Фельдмана (1995) вблизи поверхности МОХО (ниже 5 км) в мантии на глубинах 53–58 км под Казбекской вулканической областью в зоне Казбекско-Цхинвальского разлома обнаружена линза разуплотненных, частично расплавленных пород протяженностью более 40 км и толщиной до 5 км. К северу от разлома на глубине 17–20 км расположена линза размером 5×2 км. Под Сомхето-Карабахской зоной выделены две подобные линзы: на глубинах от 41 до 35 км протяженностью 70 км и толщиной 3–4 км; на глубинах 13–20 км протяженностью 80 км и толщиной 2–3 км. Линзы меньшего размера установлены под Осетинской впадиной (20×1,5–2 км) на глубине 22–27 км, под Терской антиклинальной зоной (27×1,5 км) на глубине 30–35 км и под Терско-Каспийским прогибом (15×2 км) на глубине 38–42 км. В Гималаях

частично расплавленный горизонт мощностью 10 км и шириной вкрест простира-ния до 250 км выявлен на глубинах 15–20 км в верхней коре непосредственно в районе наибольшего ее утолщения, при этом подстилающая мантия не обнаружи-вает никаких аномальных свойств [Розен, Федоровский, 2001].

Наличие подобных астенолинз и астенослоев свидетельствует о пластичном состоянии вещества на разных уровнях глубинности в основном либо вблизи по-верхности МОХО, либо чаще на границе Конрада между верхней и нижней ко-рой не только в пределах зон кайнозойского магматизма, но и прилегающих об-ластях, что способствует перемещению отдельных блоков земной коры.

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ПОИСКАМ ГЛУБОКОПОГРУЖЕННЫХ ЗАЛЕЖЕЙ УГЛЕВОДОРОДОВ

С.Б. Коротков

ООО «ГАЗПРОМ ВНИИГАЗ»

On ancient platforms below 4,5 km depth mainly gas deposits are predicted. Deposits of commercial value are formed under first regional gas trap with abnormal formation pres- sure. All formations below such trap are low perspective for commercial exploration.

В России поискам залежей нефти и газа на больших глубинах в настоящее время уделяется недостаточное внимание. Можно назвать две основные причины: боль- шие затраты и низкая эффективность работ. Последняя причина ярко проявилась в советский период, когда поисково-разведочные работы на глубокие горизонты ве- лись практически во всех старых нефтегазоносных районах. Применявшиеся tradi- ционные методики и технологии, разработанные для условий верхнего этажа нефтегазоносности, оказались малоэффективными при работах на больших глуби- нах.

Особенностью глубоких недр является: общее сильное уплотнение и дегидра- тация горных пород; резкое уменьшение количества и толщин водоносных пла- стов, застойный режим пластовых вод, аномально высокое пластовое давление; превалирующая вертикальная разгрузка флюидов (в направлении дневной по- верхности), рассредоточенная через слабопроницаемые породы, а также време- нами (в периоды тектонической активности) проявляющаяся в пульсационном режиме по трещинным системам. Глины трансформируются в аргиллиты, под- верженные трещиноватости, вследствие чего теряют свойства покрышек для за- лежей. Первичные ФЕС коллекторов редуцируются, главенствующее значение приобретают трещины и каверны. Вторичное пустотное пространство развивается дискретно (очагами) и в целом на порядок и более уступает первичной емко- сти коллекторов. Для формирования залежей промышленного значения (плот- ность запасов 1 млн т.у.т. на км² резервуара) толщина аккумулирующего пласта должна быть очень большой, не менее 100 м. Чтобы вместить в себя мощный ре- зервуар, антиклинальная структура должна быть также значительной по высоте, что в платформенных условиях означает и большие площадные размеры.

Статистические данные о распределении в глубоких недрах (глубже 4,5 км) залежей нефти и газа указывают на преимущественную газоносность их в преде-

лах древних и эпипалеозойских платформ. На территории РФ именно с этими тектоническими образованиями связаны основные нефтегазоносные бассейны. В молодых альпийских прогибах расположены месторождения нефти и газа Предкавказья. Здесь на больших глубинах прогнозируются как газовые (газоконденсатные), так и нефтяные залежи. В районах размещения основных газодобывающих центров европейской части РФ, в Западной и Восточной Сибири в глубоких горизонтах прогнозируются преимущественно газовые и газоконденсатные залежи, характеризующимися аномально высокими пластовыми давлениями, весьма требовательными к качеству покрышек. Глинистые породы на глубинах более 3,5–5,0 км (в зависимости от состава) утрачивают газоупорные свойства и не могут выполнять функции покрышек для газовых залежей промышленного значения. Сохраняют газоупорные свойства сульфатно-галогенные породы.

Таким образом, для формирования и сохранения залежей высоконапорного газа, прежде всего, необходимы надёжные экранирующие пласты.

В известных нефтегазоносных бассейнах платформенных областей на больших глубинах обычно бывает одна покрышка, редко – две. Возможно, не будет ни одной покрышки, и в таком случае глубокие горизонты следует оценивать как бесперспективные, даже в случае нахождения в них «перспективных» объектов, например, рифов.

Мигрирующий в вертикальном направлении (к дневной поверхности) газ упирается в региональную покрышку, а при ее отсутствии достигает традиционных глубин, где формируются залежи по известным схемам. Либо улетучивается в атмосферу. В докладе не рассматриваются вопросы генерации газа (биогенное или абиогенное происхождение). Для практических целей поисково-разведочных работ это не так важно.

Вторым важным критерием прогнозирования и поисков промышленных скоплений углеводородов на больших глубинах является наличие в разрезе непосредственно под региональной покрышкой достаточно мощных аккумулялирующих пластов. Практика работ свидетельствует о том, что мощные карбонатные формации наиболее благоприятны для развития вторичных коллекторов. Благоприятными условиями являются также наличие стратиграфического и углового несогласия между карбонатной толщей и покрышкой (благоприятные условия для развития вторичных коллекторов), наличие вертикальных проницаемых каналов миграции флюидов (разломы и узлы их пересечения), особенно в сочетании с крупными положительными структурами (валы, своды).

Перечисленные критерии дают ключ к прогнозированию зон концентрации ресурсов в разрезе глубокопогруженных отложений, а также по площади нефтегазоносной провинции. Прогноз дается на этапе регионального изучения недр. Работы регионального этапа включают комплекс региональных геофизических исследований, бурение параметрических скважин. Региональные работы проводятся (или должны проводиться) государственными предприятиями за счёт бюджетных средств. Долевое участие крупных нефтегазовых компаний приветствуется.

Цель поисково-оценочного этапа – выявление промышленно значимых месторождений и предварительная оценка масштабов открытия. На прогнозируемых перспективных участках концентрации ресурсов углеводородов проводятся площадные геофизические работы, бурятся поисковые скважины. Как правило, эти работы ведутся силами недропользователей на арендуемых у государства лицензионных участках.

На первой стадии поисково-оценочного этапа необходимо выявить объекты для постановки поискового бурения. Для этих целей проводится комплекс геофизических работ, основой которых является сейсморазведка. Важно сейсморазведчикам поставить правильные задачи, а именно: сконцентрировать поиски структур непосредственно под региональной покрывкой; выявлять и картировать только достаточно крупные и высокоамплитудные структуры, не распыляясь на мелкие и средние; не увлекаться выявлением всякого рода сомнительных поисковых объектов, таких как «аномалия типа риф» (для многих геофизиков – это «палочка-выручалочка»).

Применяемые геофизические методы пока еще недостаточно эффективны для выявления и картирования подсолевых структур на больших глубинах. Обнадёживающие результаты даёт комплексирование сейсмических исследований с высокоточной гравиразведкой, другими геофизическими методами. Важным направлением является дальнейшее совершенствование геофизических методов обнаружения очагов повышенной трещиноватости пород на больших глубинах как потенциальных резервуаров для углеводородов. Такие работы проводились на Астраханском своде и в южной части Предуралья при использовании технологии СЛБО (сейсмолокатор бокового обзора). На этапе полевых работ наиболее эффективным на данный момент является повышение кратности полевых работ путем увеличения числа активных каналов. Современные телеметрические сейсмостанции позволяют это выполнить без особых затрат. Перспективным может быть и использование многоволновых систем регистрации. На этапе обработки и интерпретации данных сейсморазведки 3Д большую пользу может оказать метод 3Д ВСП, позволяющий точно и достоверно увязать отражающие горизонты с геологическими границами и создать корректную скоростную модель среды. Для учета сложной верхней части разреза в процессе обработки, характерной для регионов с солянокупольной тектоникой, крайне желательно проводить отдельный комплекс исследования ВЧР методами инженерной сейсморазведки или мини-ВСП в неглубоких 100–200-метровых скважинах. Процедура глубинной миграции до суммирования является крайне полезной.

ФОРМИРОВАНИЕ ЗАЛЕЖЕЙ ПРИРОДНОГО ГАЗА НА БОЛЬШИХ ГЛУБИНАХ

Б.С. Коротков, С.Б. Коротков

ООО «Газпром ВНИИГАЗ»

Owing to dehydration and the general consolidation of a rock formations, focal distribution and stagnant regime of formation water on the big depths only vertical gas migration is possible. Formation of commercial deposits occurs under the first regional trap on the way of gas migration in the presence of significant reservoir formation and high amplitude structure.

Известная осадочно-миграционная модель (ОММ) формирования месторождений нефти и газа неприемлема для условий больших глубин (глубже 4,5 км). Все горные породы сильно уплотнены, обезвожены, флюиды скапливаются в очагах вторичного разуплотнения, имеющих дискретное распространение по

площади и разрезу. Глубоким недрам присущи блоковое строение и застойный режим пластовых вод. Гидродинамическая связь между соседними блоками затруднена либо отсутствует, характерна разнонаправленность градиентов пластовых давлений в соседних блоках (В.И. Дюнин, 2000). Дальняя латеральная миграция углеводородов (одно из ключевых положений ОММ) в таких условиях невозможна. Массоперенос флюидов, в том числе углеводородов, в вертикальном направлении осуществляется как виде рассредоточенной разгрузки через слабопроницаемые породы, так и в пульсационном режиме по трещинным системам в периоды активизации геотектонических процессов. Улики вертикальной миграции флюидов (воды, углеводородов, рудных растворов) на больших глубинах встречаются повсеместно на нефтяных, газовых и рудных месторождениях. Следы латеральной миграции углеводородов обнаруживаются лишь в самых верхних слоях земной коры (уровень артезианских бассейнов).

В докладе не рассматриваются вопросы генезиса углеводородов. В конечном итоге для достижения практических целей ГРП это не так важно. Главное, что углеводороды обнаружены в нефтегазоносных бассейнах до технически доступных глубин. В молодых депрессиях промышленная нефтегазоносность недр установлена до 9 км (Мексиканский залив). В России основные центры по добыче нефти и газа располагаются на теле древних и эпипалеозойских платформ, где по результатам глубокого и сверхглубокого бурения на больших глубинах прогнозируются преимущественно газовые и газоконденсатные залежи, характеризующиеся аномально высокими значениями пластовых давлений, весьма чувствительные к качеству покрышек.

Именно надежные региональные покрышки контролируют пространственное размещение залежей нефти и газа на больших глубинах. Большинство из известных типов покрышек на глубине утрачивают свои изолирующие свойства. Глины с глубиной теряют пластичность и трансформируются в аргиллиты, подверженные трещиноватости. Примеси неглинистых минералов ускоряют этот процесс. На глубинах более 4,5–5,0 км пласты, сложенные аргиллитами, глинистыми известняками, мергелями, тем более чистыми разностями известняков, не являются покрышками для газа. Только сульфатно-галогенные породы сохраняют пластичность на любых глубинах и, следовательно, образованные ими пласты могут служить региональными покрышками для глубоководных залежей. Под сульфатно-галогенными покрышками формируются месторождения промышленного значения. Последний термин требует пояснения. Любая нефтегазовая компания работает на прибыль. Следовательно, за оговоренный лицензионным соглашением срок владения лицензионным участком нужно окупить все расходы на освоение месторождения и дополнительно получить деньги в виде прибыли. Для газового месторождения, залегающего на глубине 6 км, нами были проведены соответствующие расчеты. Промышленным может называться месторождение с плотностью запасов порядка от 1 млрд м³ на 1 км² площади резервуара, минимально допустимыми рабочими дебитами эксплуатационных скважин 300 тыс. м³/сут. за 15-летний срок разработки. В противном случае месторождение будет нерентабельным, то есть непромышленным.

Первичные ФЭС коллекторов редуцируются, главенствующее значение приобретают трещины и каверны. Вторичное пустотное пространство развивается дискретно (очагами) и в целом на порядок и более уступает первичной емкости коллекторов. Для формирования залежей промышленного значения (плотность

запасов 1 млн т.у.т. на км² резервуара) толщина аккумулирующего пласта должна быть достаточно большой, не менее 100 м.

Ловушка должна располагаться на путях вертикальной миграции газа. То есть в пределах площади поднятия в глубину должны уходить трубы (каналы) дегазации. В природе данное условие обычно соблюдается. Формирование крупных высокоамплитудных поднятий сопровождается развитием субвертикальных зон повышенной трещиноватости.

В общем виде модель формирования промышленно значимых залежей может быть представлена в следующем виде. Из некоего источника в глубоких недрах (его природа здесь не рассматривается) по субвертикальным трубам дегазации газ мигрирует сквозь мощную толщу сильно уплотненных пород до региональной покрывки. Если в глубоких горизонтах таковой не окажется, газ достигает верхних слоев осадочно-породного бассейна, далее формирование залежей и месторождений протекает по известной схеме ОММ. Часть газа достигнет дневной поверхности. При наличии благоприятных условий, о которых упоминалось выше (мощный аккумулирующий пласт, условия для образования вторичной емкости, высокоамплитудная ловушка и т.д.), под региональной покрывкой может образоваться залежь промышленного значения. Все нижезалегающие пласты и структуры (в том числе «риффы») не будут содержать залежей промышленного значения. Могут иметь место отдельные небольшие скопления УВ с АВПД, проявляющие себя весьма агрессивно в процессе бурения и опробования (испытаний) скважины. Такие небольшие скопления, заполняющие трещины и другие полости, есть не что иное, как отдельные пузыри, являющиеся элементами струйной миграции газа.

Данная модель описана в самом общем виде и нуждается в детализации. Но уже на этом этапе она позволяет существенно оптимизировать поисково-разведочный процесс: ориентация на первый под региональной покрывкой природный резервуар, на крупные высокоамплитудные структуры, на мощный аккумулирующий пласт. Из фонда выявленных и подготовленных поисковых объектов должны быть изъяты все структуры, не отвечающие вышеупомянутым критериям, что позволит резко сократить число разбуренных «пустых» объектов.

ГЛУБИННЫЕ ГЕОФЛЮИДЫ КАК ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ ИСТОЧНИК МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ

И.П. Косачев¹, В.Г. Изотов, Л.М. Ситдикова, Э.М. Косачева

¹Учреждение Российской Академии наук Институт органической и физической химии им. Арбузова КазНЦ РАН, г. Казань; e-mail: kosachev@iopc.ru
Казанский государственный университет, г. Казань

Based on the results of experimental simulation it was shown that in zones of destruction of the crystalline base there is a feasibility of conversion of enriched methane geofluid into complex hydrocarbons of different nature under the influence of the catalytic activity of fine structural changes of clay minerals of these zones

Присутствие в горизонтах Земной коры геофлюидов, обогащенных метаном различного генезиса, сомнений не вызывает. Молекулы этого углеводорода, обладающие малыми геометрическими размерами и слабой химической активностью, способны перемещаться в пластовых условиях на достаточно большие расстояния и скапливаться в ловушках различного типа. В подходящих условиях метан, как указывал еще Н.Д. Зелинский [1], может стать «источником всех углеводородов, входящих в состав нефти». Но газообразные алканы, как известно, проявляют свою реакционную способность лишь при температурах выше 1000 °С [2], достижение которых маловероятно на промышленно освоенных глубинах. Однако в присутствии катализаторов их трансформация может происходить и в более мягких условиях.

В природе известны минералы, обладающие каталитическими свойствами. Это оксиды, сульфиды металлов и т.п. Однако наиболее распространенными являются тонкодисперсные ассоциации глинистых минералов, составляющие более 60% осадочных пород земной коры. Структурно они представляют собой гетерогенный слой из непрерывных двухмерных сеток, состоящий из совмещенных друг с другом тетраэдров окиси кремния (30–70 %) и октаэдров окиси алюминия (10–40 %), комбинации которых приводят к многочисленным слоистым глинистым минералам – каолиниту, монтмориллониту, слюде, хлориту и т.п. В их состав входят также молекулы воды в количестве 5–10 % [3].

В фундаменте, подстилающем осадочную толщу Южно-Татарского свода выявлены, благодаря изучению материалов kernового бурения, зоны деструкций, в которых обнаружен сложный комплекс раздробленных горных пород в массе глинистых минералов. Использование сканирующего электронного микроскопа зафиксировало наличие в этих зонах агломератов глинистых частиц в форме наноразмерных цилиндров, сфер, полусфер [4]. Присутствие таких структурно измененных глин в зонах деструкций фундамента может быть связано с жесткими термобарическими условиями их образования, которые способствуют частичному удалению молекул воды из межслоевых пространств кристаллических решеток глинистых минералов, что и приводит к деформациям последних (рис.).

Изменение структурных характеристик глинистых минералов влечет за собой и увеличение энергетически не скомпенсированных активных центров на их поверхности. Дополнительное образование реакционноспособных заряженных частиц связано с тем, что после частичной дегидратации повышается количество подвижных протонов гидроксильных групп оксидов металлов (центры Бренстеда), а также координационно-ненасыщенных ионов металлов (центры Льюиса). В целом, это может способствовать значительному усилению каталитических свойств структурно измененных глинистых минералов.

Проявлением таких повышенных каталитических свойств глинистых минералов может служить присутствие в зонах деструкций фундамента органических соединений полициклической природы в превышающем РОВ количестве [5]. Наличие органических соединений на таких глубинах связывают, как правило, с миграционным характером. Однако передвижение веществ такой сложной структуры по трещинно-кавернозным коллекторам плотных пород фундамента представляется маловероятным. Более допустимо, что они сами являются продуктами преобразования других более миграционно способных соединений и, в частности, метана, вступающего в каталитическую реакцию трансформации под влиянием структурно измененных глин.

Для проверки этого предположения были выполнены эксперименты, в которых моделировались условия зон деструкций. С этой целью метан в присутствии пробы глин подвергался в металлическом реакторе высокого давления нагреву до 300 °С и давлению до 8 атм в течение от 8 до 100 ч.

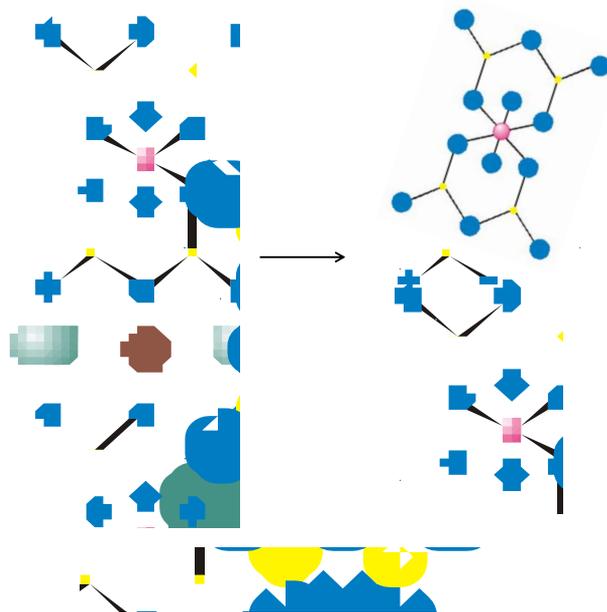


Рис. Схема структурной трансформации глинистых минералов в результате частичного удаления межслоевых молекул воды

Таблица.

Состав газообразных продуктов эксперимента (продолжительность – 28 ч при 300 °С)

Условия эксперимента	Содержание газообразных продуктов, % вес.				
	CH ₄	Σ C ₂ +C ₃	H ₂	CO	CO ₂
H ₂ O - 5,0*	63,54	0,2	25,5	0,04	5,57
H ₂ O - 7,0*	67,22	0,23	19,62	0,08	4,59
H ₂ O - 10,0*	68,27	0,37	13,56	0,04	6,06
H ₂ O - 14,0*	68,43	0,13	17,67	0,06	5,36

* доля воды относительно метана

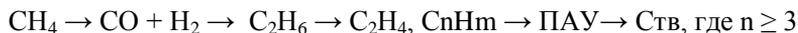
Результаты исследований показали, что в реакционной среде образуется новая газовая фаза, состоящая как из соединений неорганической природы, так и смеси углеводородов, состоящей из этана – до 70 %, этилена – 15 %, пропана – 10 % и пропилена – менее 5 % (табл.). Суммарный же выход углеводородов не превысил 1 %.

Для выделения жидкофазных продуктов навески глинистых минералов, используемых в экспериментах в качестве катализатора, обрабатывались полинарным растворителем, состоящим из хлороформа, спирта и бензола. Изучение

состава экстрактов проводилось с привлечением метода ВЭЖХ, на спектрах которого обнаружены пики 32 новых органических соединений. Благодаря использованию внутренних стандартов достоверно установлено из них 8 – это полициклические ароматические соединения: нафталин, флуорен, антрацен, фенантрен, пирен, хризен, флоурантен, аценафтилен. Количество каждого составляло в среднем 10^{-5} % вес., а общее количество не превысило 10^{-3} % вес. Следует отметить, что в породах фундамента Южно-Татарского свода были обнаружены такие же соединения [5].

В изучаемом процессе, осуществляемом по типу парового риформинга, значительное влияние на выход продуктов может оказывать количество вводимой воды [2]. Для проверки этого предположения были выполнены эксперименты, в которых содержание воды было увеличено. Однако значительного изменения выхода новых соединений зафиксировано не было (табл.). Вероятно, в данном случае лимитирующей стадией механизма превращения метана является другой фактор, а не наличие достаточного количества пара.

Принимая во внимания все идентифицированные продукты синтеза, можно предположить следующую схему образования углеводородов. На первой стадии происходит трансформация метана по типу парового риформинга с образованием синтез-газа, который в этих условиях легко трансформируется в углеводороды различного строения:



Таким образом, в результате экспериментов показано, что глубинные геофлюиды, обогащенные метаном, в условиях зон деструкций под каталитическим воздействием структурно измененных глинистых минералов этих зон трансформируются в сложные углеводороды различной природы и, следовательно, различной миграционной способности. Это приводит к тому, что подвижная часть перемещается в более высокие горизонты земной коры, а неподвижная – остается на месте образования в зонах деструкций.

Литература

1. *Зелинский Н.Д.* Избранные труды. М.: Наука, 1968. С. 406, 409.
2. *Жоров Ю.М.* Термодинамика химических процессов. М.: Химия, 1985. 464 с.
3. *Розенгарт М.И., Вьюнова Г.М., Исагулянц Г.В.* Слоистые силикаты как катализаторы // Успехи химии. 1988. Т. 57, Вып. 2. С. 204-227.
4. *Ситдикова Л.М.* Зоны деструкций кристаллического фундамента Татарского свода. Казань: Изд-во Казанск. ун-та, 2005. 148 с.
5. Кристаллический фундамент Татарстана и проблемы его нефтегазоносности / Под ред. Р.Х. Муслимова, Т.А. Лапинской. Казань: Дента, 1996. 436 с.

ОПЫТ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ СОПРЯЖЕННОСТИ ЭФФУЗИВНОГО И ИНТРУЗИВНОГО МАГМАТИЗМА НА ПРОЦЕСС ФОРМИРОВАНИЯ НЕКОТОРЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ПРЕДЕЛАХ МЕЗОЗОЙСКИХ ОСТРОВОДУЖНЫХ СИСТЕМ КАВКАЗА

Р.Г. Кофман, А.Г. Магалашвили

Кавказский институт минерального сырья (КИМС) им. А.А. Твалчрелидзе. 0162, Грузия
Тбилиси, ул. Палиашвили, 85 (tcimr@internet.ge); Тбилисский Государственный Университет
им. И. Джавахишвили (archilmag@gol.ge).

Experience of study of intrusive and effusive magmatism conjugacy influence on ore genesis within some Mesozoic island-arc systems of Caucasus. R.G. Kofman, A.G. Magalashvili. On the example of Zaglik (Dashkesan ore district) and Madneuli (Bolnisi ore district) deposits of Caucasus a polygenic model of ore genesis in the setting of Mesozoic island-arc volcano-plutonic structures is proposed. Conclusion is drawn that in most cases island-arc ore-magmatic systems resulted of conjugant volcano-plutonic structures.

В основу анализа процесса образования месторождений обычно заложено расчленение его на этапы и стадии и, соответственно, крупные скопления рудного вещества (месторождения) связывают с самостоятельными рудообразующими процессами и системами (плутоногенными, вулканогенными, вулканогенно-гидротермальными, гидротермальными и т.д.). А между тем, формирование месторождений результат сложного геологического процесса, включающего в себя и проявления магматизма и седиментогенеза, и экзогенных процессов и т.д. за весь период геологического развития того или иного региона.

Авторами предлагается разработка модели рудогенеза, базирующаяся на опыте исследования влияния сопряженности эффузивного и интрузивного магматизма и седиментогенеза. В качестве примера полигенности формирования месторождений, и в частности, сопряженности эффузивного и интрузивного магматизма, нами приводится: алунитовое месторождение Заглик (сырьевая база алюминиевой промышленности Азербайджана), которое расположено в Дашкесанском рудном районе и комплексное месторождение Маднеули, расположенное в Болнисском рудном районе (сырьевая база меди и золота Грузии).

Загликское месторождение Дашкесанского рудного района

Изучение особенностей геологического строения Загликского месторождения алунита и пространственно-временных соотношений его с другими рудами и метасоматитами Дашкесанского рудного района, а также характера юрского вулканизма и верхнеюрских и верхнеюрско-нижнемеловых интрузивных пород позволяют рассматривать район как вулcano-плутоническую постройку. К тому же проведено сопоставление минералого-петрографических исследований с термодинамическими расчетами и экспериментальными данными. Все это дало возможность реконструировать сложный геологический процесс по этапам и стадиям.

Позднеюрский вулканизм завершился бурной газогидротермальной деятельностью, в результате которой образовались агрессивные сульфатно-кислые растворы, на уровне активно циркулирующих грунтовых вод, обогащенных кислородом (поверхностный сток вод в значительной степени определялся контактом туфов и известняков, обладающих различными фильтрационными свойствами);

- Под воздействием низкотемпературных сульфатно-кислых гидротерм метасоматически прорабатывался туфовый горизонт, происходил значительный вынос кальция;

- В результате внедрения полифазного комагматичного юрским вулканогенам интрузива благодаря термальному метаморфизму в контактовой зоне, по алюмосиликатным породам формируются роговики, по известнякам – мраморы и по кварц-каолининовым гидротермалитам – пиррофиллитизированные породы;

- Остывание интрузива сопровождалось его оседанием и образованием синклинали структуры, осложненной серией ступенчатых сбросов и открытых полоостей. Последние послужили путями поступления новых порций магмы и постмагматических хлоридных растворов, с которыми связано скарнирование и сопутствующее оруденение магнетита (Дашкесанское железорудное месторождение). На скарново-магнетитовые залежи накладывалась слабая сульфидная минерализация;

- Циркуляция хлоридных растворов в отдалении от контакта интрузива на площади развития опал-алунитовых и каолининовых пород привела к выщелачиванию алунитов (продвинутый фронт ультракислого изменения). Переход в раствор аниона SO_4^{2-} при повышенной концентрации калия, вызывает переотложение обогащенного алунита, формируя пластовое интенсивно алунитизированное тело.

Таким образом, вулcano-плутонический комплекс Дашкесана можно рассматривать, как единую рудно-магматическую систему, а Загликское алунитовое месторождение как продукт полигенного формирования в результате сопряженности эффузивного и интрузивного магматизма.

Маднеульское месторождение Болнисского рудного района

Болнисский рудный район – это комплекс рудных месторождений и проявлений (Маднеули, Квемо-Болниси, Давид-Гареджи, Цителсопели, Сакдриси и др.), расположенных в пределах островодужной вулcano-тектонической депрессии поздне-мелового возраста. Основной рудный объект района – Маднеульское месторождение в основном характеризуют следующие факторы его геологического строения:

- Месторождение, в общем, является двухъярусным. Нижний, рудовмещающий литолого-структурный ярус слагает вулcanoгенно-осадочная толща, представленная в основном субмаринными пирокластолитами удаленной фации преобразованными в различные метасоматиты.

- Верхняя, в основном эффузивная толща представлена риолитовыми и риолит-дацитовыми слабоизмененными вулcanoгенами. В пределах Маднеульского месторождения верхняя толща несогласно залегает на нижней.

- Основное – золото-барит-медно-полиметаллическое оруденение (в том числе т.н. "золотоносные вторичные кварциты"), субмаринное гидротермально-осадочное и эксгаляционное, частично метасоматическое. Относится к мелководному вулcanoгенно-массивно-сульфидному типу (Volcanogenic Massive Sulphide – VMS).

- Вертикальная зональность оруденения тянется от медных и полиметаллических до барит-карбонат-кремнистых руд. По мере остывания магматического очага и соответственно гидротермального раствора, накопления осадков и удлинения и продвижения в верх конвективной гидротермальной системы в составе раствора все белее увеличивалась доля метеорных (вадозных) вод, о чем свидетельствует изучение изотопов и состава включений в различных рудных зонах.

- Само месторождение расположено на периферии крупной кольцевой структуры – кальдеры проседания, которая зародилась после основного оруденения,

связана с вулканизмом верхней толщи и характеризуется центриклинальным падением слагающих ее пород. Таким образом, в пределах кольцевой структуры в результате проседания произошла презервация нижней продуктивной толщи от последующего размыва.

- Одним из основных факторов определяющих специфику месторождения являются тектонические процессы, связанные с возникновением означенной кальдеры. В частности: концентрическое, ступенчатое, блоковое дробление рудовмещающей толщи и разноамплитудное, дифференцированное перемещение блоков относительно друг друга. В результате такой тектонизации, на одних и тех же горизонтах месторождения в контакте оказались различные типы руд и пород, что в свою очередь создало ложную латеральную, а в ряде случаев ложную (обратную) вертикальную зональность и иллюзию наличия крупных, вертикальных "секущих" рудных тел.

- В то же время, Маднеульское месторождение представляет собой оруденение гибридного типа со слабо выраженной гибридностью. В частности: на основное оруденение VMS типа наложен ингибированный вулканогенно-кальдерным проседанием слабо проявленный медно-порфировый процесс. Несмотря на гибридность, основным и определяющим является оруденение VMS типа.

- В результате спрединга и продвижения островодужной обстановки на север, произошло смещение фокуса рудно-магматической активности к югу.

Описанная модель с определенными вариациями применима и для других схожих месторождения Болнисского рудного района (Давид-Гареджи, Квемо-Болниси и др.).

Таким образом, Болнисский рудный район – это сложнопостроенное вулканоплутоническое сооружение, где от характера сопряженности эффузивного и интрузивного магматизма зависит эволюция рудообразовательного процесса.

В заключение следует подчеркнуть, что если раньше рудообразовательные процессы обычно связывали с каким либо одним, или с эндогенным (интрузивным магматизмом), или с вулканогенным процессом, то на смену пришли представления о формировании месторождений в связи с эволюцией и становлением сопряженных вулканоплутонических систем.

НЕФТЕГАЗООБРАЗОВАНИЕ В РАМКАХ РАЗНОМАСШТАБНЫХ ТЕКТОНИЧЕСКИХ БЛОКОВ ЗЕМЛИ ВОЛНОВОЙ ПРИРОДЫ

Г.Г. Кочемасов

ИГЕМ РАН, 119017 Москва, Старомонетный пер., 35, kochem.36@mail.ru

OIL-GAS FORMATION IN FRAME OF DIFFERENT SCALE EARTH'S TECTONIC BLOCKS OF WAVE NATURE

G.G. Kochemasov

IGEM RAS, 119017 Moscow, Staromonetny, 35, kochem.36@mail.ru

Earth, as other celestial bodies, comprises uprising (+), subsiding (-) and neutral (0) tectonic blocks of wave origin. They are formed due to Earth movement in elliptical orbit with changing accelerations. The uprising blocks extend, the subsiding ones contract. This makes the first more penetrable for oil, the second for gas. An actual oil/gas distribution in tectonic blocks of various scales (segments-wave1 structures, sectors-wave2 ones, and smaller granules) confirms this physical rule.

Земля как небесное тело, движущееся по эллиптической кеплеровской орбите, подвержена циклическим изменениям ускорения (увеличение и замедление скорости движения). С этим связано появление инерционных сил, действующих на все тело планеты и вызывающих ее волновое коробление (ундуляцию сфер). В связи с вращением планеты это коробление, имеющее природу стационарных (стоячих) волн, приобретает 4 interfering направления распространения (орто- и диагональные). В результате сложения волн этих направлений в геосфере появляются поднятые (+), опущенные (-) и нейтральные (0) тектонические блоки. Поднятие блока, то есть увеличение его планетарного радиуса, ведет к его расширению, увеличению трещиноватости и проницаемости. Опускание блока, то есть уменьшение его планетарного радиуса и вдавливание в тело планеты, ведет к его сжатию, уменьшению трещиноватости и проницаемости. Изменение проницаемости существенным образом сказывается на поведении, условиях накопления газообразных и жидких УВ, обладающих разной подвижностью.

Волновое коробление геосфер происходит в разных длинах волн. Фундаментальная волна 1 длиной $2\pi R$ производит два тектонических сегмента-полушария: поднятое и антиподальное опущенное (восточное континентальное и западное тихоокеанское полушария). Первый обертоном волна 2 длиной πR формирует поднятые и опущенные тектонические секторы, наложенные на сегменты-полушария. Полученная картина усложняется поднятыми и опущенными тектоническими гранулами-зернами – производными последующих обертонов (на Земле их размер $\pi R/4$) [1, 2, 3].

Волновая тектоника Земли, имеющая глубокие корни, обнаруживаемые геофизическими методами даже на границе ядро-мантия и в ядре, имеет прямое отношение к распределению полезных ископаемых в коре, в том числе и УВ. В сжатых опущенных блоках разного масштаба концентрируются преимуще-

ственно подвижные газы, поднятые растянутые блоки становятся проницаемыми и для жидких УВ, нефтей. В глобальном масштабе опущенный Тихоокеанский сегмент обогащен газом, в первую очередь из-за огромных газовых концентраций в газгидратах океанского ложа. Поднятое континентальное полушарие-сегмент, наоборот, имеет огромные нефтяные и очень крупные газовые скопления.

Секторная структура сегментов также отражается на распределении. УВ. Поднятые (и значит растянутые) секторы богаче нефтью, опущенные (сжатые) – газом. Это наглядно видно из сравнения запасов нефти и газа по континентам и странам [3] (рис. 1). Даже без учета бывшего СССР (а с ним картина еще более контрастна) наблюдаются следующие отношения запасов нефти в млрд. тонн к запасам газа в трлн. м³ (первая цифра для начальных ресурсов, вторая – для накопленной добычи и доказанных запасов): в Африкано-Средиземноморском секторе (++) – 1,54/ 2,28; Азиатском (+) – 1,48/ 4,33; Евразийском (-) – 0,50/ 0,51; Индоокеанском (- -) – 0,45/ 0,60. В связи с этой планетарной закономерностью понятно, почему Россия является мировым газовым лидером, а Ближний Восток – нефтяным. Китай, являясь крупнейшим производителем нефти, нуждается в российском газе. Сахалинский регион богат как нефтью, так и газом, так как он одновременно принадлежит поднятому Азиатскому сектору и опущенному Тихо-

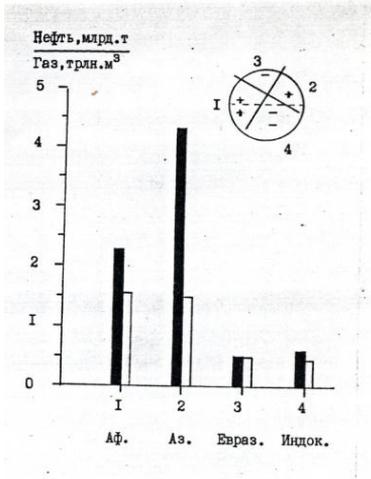


Рис. 1. Распределение запасов углеводородов по тектоническим секторам восточного полушария (без бывшего СССР; по данным Моделевского и Дьячковой, 1991). Отношение нефть (млрд т)/ газ (трлн м³): черное – для суммы накопленной добычи и доказанных запасов, белое – для начальных ресурсов.

Секторы: 1 – Африкано-Средиземноморский, 2 – Азиатский, 3 – Евразийский, 4 – Индоокеанский

океанскому сегменту. В западном полушарии поднятые секторы обеих Америк также относительно богаче нефтью, причем часто тяжелой, и битумами.

Внутри суперструктур архейских платформ, представляющих кристаллическое ядро и складчатое обрамление (тектоническое зерно размерностью $\pi R/4$, рис. 2-4), в поднятых секторах нефть преобладает над газом, в опущенных, наоборот, – газ над нефтью. Так, во внешнем обрамлении Восточно-Европейской платформы (рис. 3) опущенная часть (Западная Сибирь) богаче газом, симметричная ей поднятая часть (север Африки, Месопотамия) богаче нефтью. Баренцево море богаче газом, симметричное ему Северное море богато как газом, так и нефтью. Прикаспийская синеклиза богата газом, а ее поднятая рама – нефтью (Тенгиз, Татарский свод). Огромные газоконденсатные скопления наблюдаются на “переломе” (Карачаганак). В еще более коротковолновых структурах (например, анти- и синформы Тимано-Печорского бассейна) наблюдается та же закономерность.

В опущенных (сжатых) тектонических блоках (сегменте, секторах разного масштаба) миграционные преимущества имеют легкие подвижные углеводоро-

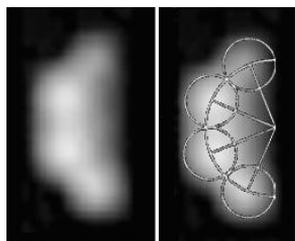


Рис. 2. Грануляция Земли. Снимок КА “Mars reconnaissance orbiter” с расстояния 1,2 млн км. (PIA04159). Справа – совмещение с теоретической моделью (гранула $\pi R/4$)

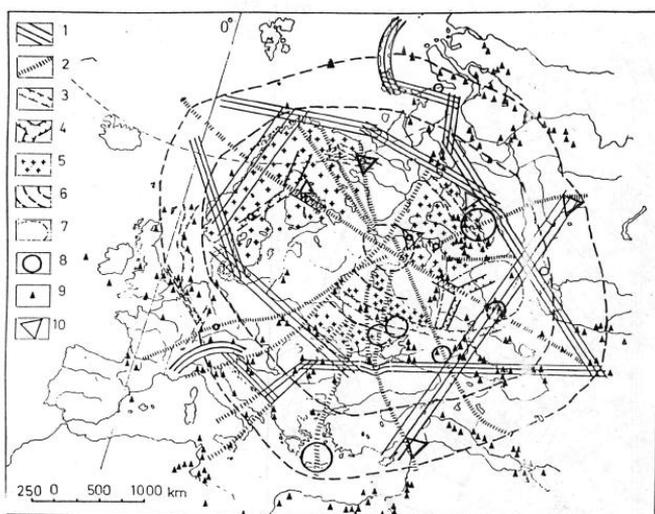


Рис. 3. Суперструктура Восточно-Европейской платформы (пример гранулы $\pi R/4$).
 1 – линеаменты (преимущественно орогены обрамления); 2 – радиальные ослабленные зоны; 3–4 – грабены, рифты, авлакогены, разломные зоны (4 – для Балтийского щита и Прикаспийской синеклизы); 5 – кристаллический фундамент (выходящий на поверхность и под тонким чехлом); 6 – кольцевые ослабленные зоны и их фрагменты на платформе и в обрамлении; 7 – контур Прикаспийской синеклизы; 8 – кольцевые структуры; 9 – месторождения углеводородов; 10 – месторождения и проявления алмазов

ды, образующие скопления газа в ловушках. В поднятых (растянутых, трещиноватых) блоках легко мигрируют и более сложные тяжелые соединения, образующие нефтяные скопления. Представляется вероятным, что именно в различных возможностях поднятых и опущенных блоков коры (литосферы) заключается разница между нефтеносным югом Западно-Сибирской провинции и газоносным севером [4]. На юге нефтепроявления обнаруживаются даже в поднятом палеозойском фундаменте.

Рассмотрим соотношение масштабов углеводородной и алмазной минерализации в тектонических зернах. Схематическое изображение тектонических секторов вокруг Памиро-Гиндукушской вершины структурного октаэдра (поднимающиеся +, ++; опускающиеся -, --) и трех тектонических зерен приведено на рис. 4. Кольцевое строение зерен подчеркнуто выделением пояса поднятых блоков – щитов. Конголезская суперструктура (слева), расположенная целиком на сильно поднятом секторе (++), отличается интенсивной алмазонасностью (А) и умеренной нефтегазонасностью (ув). Индонезийская суперструктура (справа), принадлежащая в основном сильно опущенному сектору (--), бедна обеими минерализациями. Восточно-Европейская суперструктура (в центре), расположенная на поднятом (++) и опущенном (-) секторах, отличается интенсивной нефтегазонасностью (УВ) и слабой алмазонасностью (а). Стрелками показана дегазация

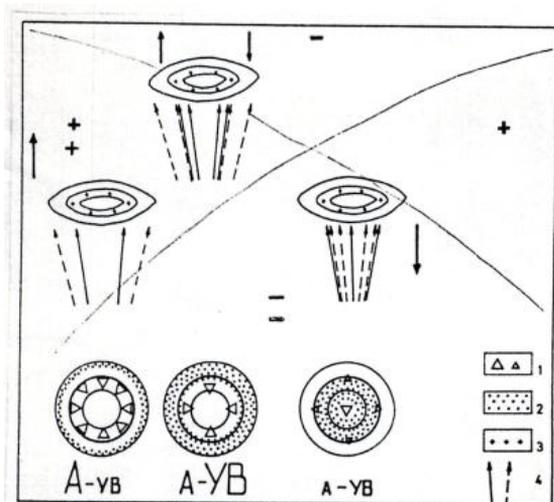


Рис. 4. Секторная структура Восточного полушария вокруг Памиро-Гиндукушской вершины структурного октаэдра и схематическое изображение трех тектонических зерен (суперструктур $\pi R/4$): слева – Конголезская, в центре – Восточно-Европейская, справа – Индонезийская.

1 – алмазная минерализация (А), 2 – углеводородная минерализация (УВ), 3 – кольцо поднятых блоков (щитов), 4 – дегазация мантии (см. текст)

недр, более интенсивная и широкая в поднятом и, следовательно, более «трещиноватом» Африкано-Средиземноморском секторе.

Литература

1. *Kochemasov G.G.* Tectonic dichotomy, sectoring and granulation of Earth and other celestial bodies // Proceedings of the International Symposium on New Concepts in Global Tectonics, “NCGT-98 TSUKUBA”, Geol. Survey of Japan, Tsukuba, Nov 20-23, 1998. P. 144-147.
2. *Kochemasov G.G.* Theorems of wave planetary tectonics // Geophys. Res. Abstr. 1999. V. 1. №3. P. 700.
3. *Кочемасов Г.Г.* Секторная тектоника континентального полушария Земли и ее влияние на закономерности распределения скоплений углеводородов и алмазов в коре // Матер. межд. конф. памяти академика П. П. Кропоткина «Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть и газ». 20-24 мая 2002 г., Москва. М.: ГЕОС, 2002. С. 160-162.
4. *Кочемасов Г.Г.* Нисходящие движения тектонических секторов планетарного масштаба и их роль в образовании структурных ловушек для крупных скоплений углеводородов // Генезис нефти и газа. М.: ГЕОС, 2003. С. 156-157.

О ВОЗМОЖНОЙ ПРИРОДЕ РЕЗЕРВУАРОВ ВОДЫ В КОНСОЛИДИРОВАННОЙ ЗЕМНОЙ КОРЕ

А.М. Кузин

Институт проблем нефти газа РАН, Москва, Россия; amkouzin@yandex.ru

We report data that allow considering “rigid” crustal heterogeneities as possible reservoirs for liquid fluids. Rigid heterogeneities could be represented by areas of rock consolidation, zones of mylonites and solid mass of basic rock.

Одной из особенностей распределения скорости в консолидированной коре под месторождениями нефти является наличие на границе Мохо блоков с повы-

шенными значениями скорости V_p . Они свойственны молодым и древним платформам. Возможно, на завершающей стадии развития осадочного бассейна на этих высокоскоростных блоках взаимосвязь между корой и мантией приобретает, некоторый, более автономный, стационарный характер. На докембрийских платформах, формирующиеся рифтовые зоны «обтекают» кратоны – высокоскоростные блоки [1]. На границе более упругого тектонического блока происходит диссипация накопленной упругой энергии, ее преобразование в энергию физико-химических реакций. Можно предполагать, что вдоль границ таких блоков в течение всего периода развития платформ существуют относительно стационарные зоны обмена веществом и энергией между земной корой и мантией.

Комплексная интерпретация данных ГСЗ и МОГТ показала, что «облако» интенсивной сейсмической записи МОГТ в верхней части коры совпадает с областью повышенных значений скорости ГСЗ [6]. Схожая картина наблюдается на опорном профиле 2-ДВ-М на границах Центрально-Охотского прогиба и в его средней части, где области интенсивной записи лежат на участках довольно резких и узких подъемов изолиний скорости продольных волн ГСЗ. Наиболее вероятной причиной образования вертикальных зон интенсивной сейсмической записи являются обводненные разрывные нарушения [7]. По результатам расчета задачи о плосконапряженном состоянии тектонического блока для месторождения углеводородов Тенгиз было установлено, что зона аномально низкого литостатического давления уходит на глубину порядка 18 км [3]. Это означает, что система открытых трещин существует от поверхности до средней коры включительно.

Величина водонасыщения определяется структурой породы, физико-химическими свойствами ее скелета и составом флюида. Результаты экспериментов по изменению упруго-деформационных свойств осадочных и кристаллических пород при различном содержании воды показали, что ни в одной породе не было зарегистрировано уменьшение V_p после насыщения, а для гранитоидов характерной чертой оказалось ее увеличение после насыщения вплоть до 22 % [2]. Термодинамическим фактором разрушения при контакте твердой и жидкой фаз являются атомные связи в минералах. Силикаты, содержат в основном связи Si-O и Me-O, которые играют различную роль в минералах с разной структурой кристаллической решетки. Чем больше связей Me-O рвется при разрушении горной породы, тем больший эффект должна оказывать вода, что отражает общую закономерность – большому понижению прочности подвержена более прочная порода [14]. Наиболее сильные изменения происходят в кристаллической структуре, где присутствуют элементы с переменной валентностью (например, Fe). Анион кислорода вытесняется из узла решетки и транспортируется к границе в виде подвижного радикала OH^- . Появление OH^- приводит к понижению поверхностной энергии и соответственно росту интенсивности преобразования в области тектонического течения [4]. Следовательно, в блоках основных пород будет увеличиваться трещиноватость и соответственно влагосодержание. Это ведет к возрастанию интенсивности механохимических преобразований энергии на границе твердого массива пород и способствует поддержанию стабильного функционирования гидротермальной системы. Помимо того, в трещинах более жестких массивах пород влага может лучше сохраняться при геодинамических нагрузках на среду. К еще одному фактору в термодинамике разрушения относится, низкая свободная межфазовая энергия твердое тело-жидкость. Для нее справедливы соотношения Гриффитса: $\sigma_c = \alpha(E\gamma/l)^{1/2}$, где σ_c – прочность, γ – межфазовая энергия,

E – модуль упругости, l – характерный размер дефекта, α – коэффициент пропорциональности [14]. Из этого соотношения, очевидно, что катаклазиты и милониты на больших глубинах, способны лучше других удерживать воду. Для верхней мантии и нижней части коры всесторонний анализ результатов исследований дал основание считать в качестве главной транспортной сети флюидных потоков зоны милонитизации [12]. В зонах бластомилонитов вдоль плоскостей расщепления обеспечивается универсальный и интенсивный массоперенос флюидных, петрогенных, рудных компонентов и углеводов [8, 9].

Результатом, имеющим фундаментальное значение в изучении глубинного строения по технологии многократных наблюдений МОВ-МОГТ, явилось открытие тонкой структуры в расслоенности земной коры и верхней мантии. Это означает, что фактически не существует даже весьма незначительных по отношению к длине сейсмической волны объемов пространства в консолидированной коре без неоднородностей, которые, как правило, связаны с присутствием трещиноватости. Поэтому можно с достаточной уверенностью утверждать, что на всех глубинных уровнях земной коры могут создаваться условия для флюидонасыщения. В свое время на существование в земной коре сложно ориентированной системы узлов разрывных нарушений обратил внимание Ф.Я. Корытов [5]. Узлы пересечения отражающих поверхностей могут рассматриваться как наиболее проницаемые каналы фильтрации флюидных потоков. Очевидно, что в них должны существовать большие локальные напряжения, ведущее к более сильному дроблению пород, чем в каждой из отражающих зон разрывных нарушений в отдельности, размеры зерен здесь могут быть значительно меньше, соответственно увеличивается дисперсация среды. Смачиваемость в них будет выше, как следствие увеличится глубина проникновения флюида, что ведет к образованию пространственно связанной флюидной системы, причем вне зависимости от концентрации флюида. Относительно более высокие локальные напряжения в зонах пересечения разрывных нарушений могут приводить также к компакции, образованию уплотненных зон с ориентированной слоистостью перпендикулярно максимальным напряжениям. Это подтверждается результатами математического моделирования процесса развития деформации наклонного разрывного нарушения [13]. Существование порогового напряжения снижения эффективной прочности ведет к смене знака дилатансии и образованию зон уплотнения. Если в такой зоне произойдет реакция дегидратации, то она приведет к локальному увеличению объема и давления флюида при одновременном увеличении трещинно-порового пространства, сопровождающимся уменьшением эффективного всестороннего давления. Это в свою очередь будет способствовать увеличению числа трещин и расширением спектра их ориентировок [10]. По-видимому, в консолидированной коре, более предпочтительным, с точки зрения устойчивости накопления и сохранения флюида при постоянном воздействии волн деформаций и напряжений будут очаги флюидизации, представленные более плотными и жесткими, но трещиноватыми неоднородностями. Это не противоречит результатам математического моделирования. По результатам расчета задачи о плосконапряженном состоянии тектонического блока для месторождения углеводородов Тенгиз [3] было установлено, что зона аномально низкого литостатического давления уходит на глубину порядка 18 км. Это означает, что система открытых трещин существует от поверхности до средней коры включительно. В таких условиях трещинные системы вертикальных разрывных нарушений, заполнившись водой, могут оставаться

открытыми до глубин перехода от упругих деформаций к пластичным. Причем давление в сообщающихся трещинах может не превышать гидростатического во всем диапазоне глубин проникновения зоны разрывного нарушения [15].

С перемещением тектонических блоков складчатого или кристаллического фундаментов может возникнуть нисходящая фильтрация, обусловленная переносом вверх по разрезу вместе с породами остаточных сжимающих горизонтальных напряжений. Эти напряжения могут привести к раздвиганию бортов разрывного нарушения и формированию дополнительных деформаций горизонтального растяжения [11], что вызовет заполнение трещин водой. Возможно, что с этими явлениями сжатия и растяжения пород в зонах разломов может быть связано образование линейных кор выветривания обычно представленных вытянутыми уходящие иногда на значительную глубину рудными телами.

Литература

1. Божко Н.А., Постников А.В., Щипанский А.А. Геодинамическая модель формирования фундамента Восточно-Европейской платформы // ДАН. 2002. Т. 386, № 5. С. 651-655.
2. Волярович М.П., Томашевская И.С., Будников В.А. Механика горных пород при высоких давлениях. М.: Наука, 1979. 152 с.
3. Гарагаи И.А., Николаевский В.Н., Степанова Г.С. Миграция и критерии аккумуляции углеводородов в системе тектонических разломов // ДАН. 1992. Т. 324, № 6. С. 1169-1174.
4. Гуфельд И.Л. Сейсмический процесс. Физико-химические аспекты. Королев: ЦНИИМАШ, 2007. 160 с.
5. Корытов Ф.Я. О критических уровнях механических напряжений в литосфере // Механика литосферы. М.: Наука, 1974.
6. Краснопецева Г.В., Кузин А.М. Новые данные по изучению глубинного строения Южно-Татарского свода и его юго-восточного обрамления по профилю ГСЗ «Черемшан-Мелеуз» // Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть, газ и их парагенезисы. М.: ГЕОС, 2008. С. 233-236.
7. Кузин А.М. О методологии интерпретации в прогнозировании месторождений флюидального генезиса // Нетрадиционные коллекторы нефти, газа и битумов. Ма-лы научной конференции. Казань: Изд-во Казанск. Ун-та, 2005. 360 с.
8. Летников Ф.А., Савельева В.Б., Бальшев С.О. Петрология, геохимия и флюидный режим тектонитов. Новосибирск: Наука, 1986. 223 с.
9. Летников Ф.А. Флюидный механизм деструкции континентальной земной коры и формирование осадочных нефтеносных бассейнов // Дегазация Земли: геофлюиды, нефть и газ, парагенезисы в системе горючих ископаемых. М.: ГЕОС, 2006. 320 с.
10. Ребецкий Ю.Л. Дилатансия, поровое давление флюида и новые данные о прочности горных массивов в естественном залегании // Флюиды и геодинамика. М.: Наука, 2006. 283 с.
11. Ребецкий Ю.Л. Разлом особое геологическое тело в земной коре // Тектонофизика и актуальные вопросы наук о Земле. Мат-лы докладов Всероссийской конференции. Т. 2. М.: ИФЗ, 2009. С. 123-131.
12. Родкин М.В. Роль глубинного флюидного режима в геодинамике и сейсмостектонике. М.: Национальный геофизический центр РАН, 1993. 194 с.
13. Стефанов Ю.П. Особенности процессов деформации за пределом упругости в плотных и пористых геологических средах // Разломообразование и сейсмичность в литосфере: тектонофизические концепции и следствия. Мат-лы Всерос. совещ. Иркутск: Институт земной коры СО РАН, 2009. Т. 2. С. 158-160.
14. Траскин В.Ю., Скворцова З.Н. Эффект Ребиндера в геодинамических процессах // Флюиды и геодинамика. М.: Наука, 2006. 283 с.
15. Gough D.L. Seismic reflectors, conductivity, water and stress in the continental crust // Nature. 1986. V. 323, N 11. P. 143-144.

ОТОБРАЖЕНИЕ ИНФИЛЬТРАЦИИ ВОДЫ И ЕЁ РАСТВОРОВ В ЗНАЧЕНИЯХ ПАРАМЕТРА V_p/V_s В НЕФТЕГАЗОНОСТНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

А.М. Кузин

Институт проблем нефти и газа РАН, Москва, amkouzin@ya.ru

Evolution of petroleum is one of the widespread phenomena in the geologic environment. Apparently, the most widely-distributed natural chemical compounds and geologic processes should participate in oil formation. Water and silica are in the first place such natural compounds, and Earth degassing relates to common geologic processes. New interpretation of V_p/V_s -parameter distribution has demonstrated increased values of V_p/V_s in oil fields.

Образование нефти одно из распространенных явлений в геологической среде. Для месторождений нефти установлена феноменологическая связь с континентальным типом земной коры. Очевидно, что в образовании нефти должны участвовать, наиболее, распространенные природные химические соединения и геологические процессы. К таким природным соединениям первую очередь относятся вода и кремнезем, к процессам – тектоническая активизация и связанные с ней преобразование вещества и структуры геологического пространства, в том числе дегазация Земли.

Одним из интересных явлений в размещении месторождений углеводородов является относительно резкая граница латеральной локализации по фазовому состоянию, нефтяных, нефтегазовых и газовых. Она наблюдается во многих регионах: Западная Сибирь, Западное Предкавказье, Амударьинская синеклиза, Северная часть Сахалина. На рис. 1 (Б и В) показаны разрезы V_p/V_s с нанесенными изолиниями значений V_p/V_s . Почти все изолинии на рисунках проведены по границам блоков, поэтому в эту модель внесены незначительные искажения, не влияющие на картину распределения сейсмических параметров на исходном разрезе, но в отдельных участках существенно детализирующих скоростные распределения. На рис. 2 выделены области по изолинии $V_p/V_s = 1,71$ и $1,69$. Из них можно видеть, что помимо уменьшения значений V_p/V_s севера на юг, вдоль профиля четко прослеживается тенденция сужения области пониженных значений V_p/V_s от верхней части коры в сторону ее больших глубин. При этом наблюдается совсем незначительное изменение значений V_p/V_s в базальной части земной коры. Сопоставление разрезов V_p и V_p/V_s показывает, изменение V_p/V_s происходит за счет уменьшения V_s в направлении на север. Схожая картина распределения значений V_p/V_s наблюдается в Предкавказье. Относительно повышенные значения V_p/V_s наблюдаются в пределах Западно-Кубанского прогиба, где преимущественно находятся нефтяные месторождения, а на севере газоносные структуры.

Анализ данных по петрофизике и реологических испытаний образцов позволил прийти к выводу, что для верхней части консолидированной коры влияние водонасыщения оказывает не меньшее влияние на значение V_p/V_s , чем содержание кремнезема. В тоже время одним из свойств кремния, как химического элемента является его изоморфизм с углеродом, как в эндогенных, так и в экзогенных процессах. Многочисленные результаты исследований в различных нефтеносных районах, в том числе данные по глубоким и сверхглубоким скважинам свидетельствуют о наличии процесса нисходящей фильтрации воды. По мнению

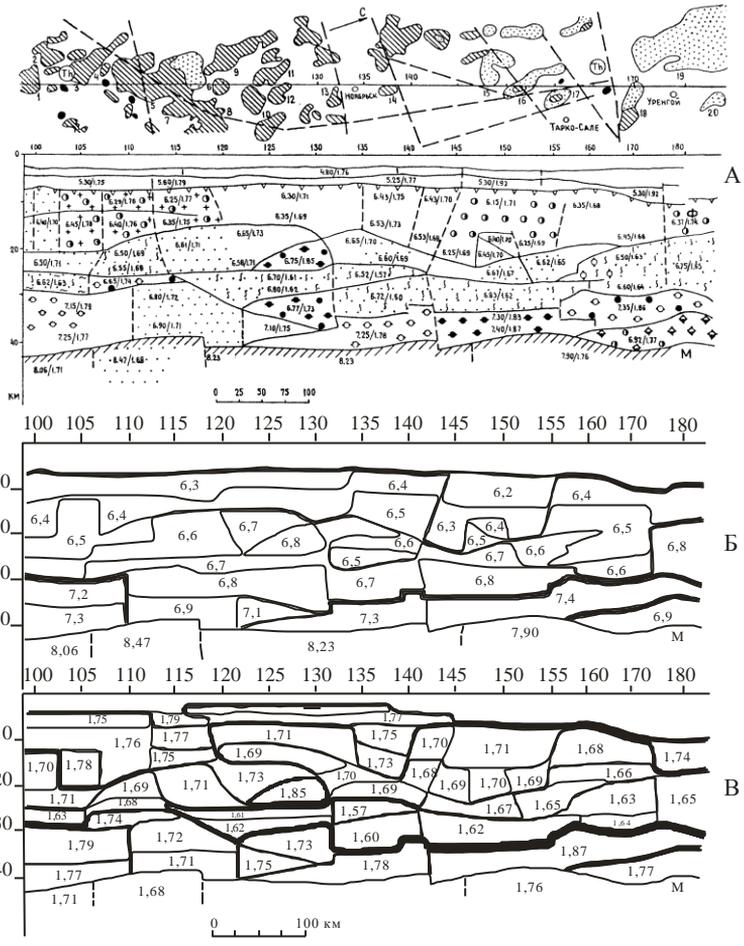


Рис. 1
 А - Сейсмический разрез фрагмента геотраверса оз. Тенгиз - море Лаптевых. Месторождения: 1 - Северо-Чупальское, 2 - Малобалькское, 3 - Южно-Балькское, 4 - Мамонтовское 5 - Сургутское, 6 - Федоровское, 7 - Родниковое, 8 - Кечимовское, 9 - Савуйское (Сорьмское), 10 - Восточно-Ягунское, 11 - Южно-Ягунское, 12 - Грибное, 13 - Пограничное, 14 - Ноябрьское, 15 - Комсомольское, 16 - Губкинское, 17 - Западно-Таркосалинское, 18 - Южно-Пырейное, 19 - Уренгойское (Евояхинское), 20 - Яряяхинское. [Булин, Егоркин; 2000].
 Б - Глубинный разрез распределения скорости продольных волн.
 В - Глубинный разрез отношения скорости продольных волн к поперечным, (V_p/V_s).

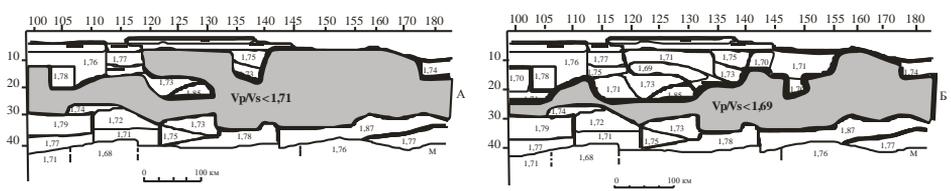


Рис. 2.
 Сейсмический разрез фрагмента геотраверса оз. Тенгиз - море Лаптевых в изолиниях V_p/V_s
 А - $V_p/V_s < 1,71$; Б - $V_p/V_s < 1,69$

А.В. Постникова более 80 % месторождений нефти непосредственно связаны с гидротермальным процессом. Отсюда можно прийти к выводу, что отличительной чертой гидротермальных систем на нефтеносных территориях, по всей видимости, является конвективный характер их развития. Наиболее вероятным источником энергии, поддерживающим существование конвективных гидротермальных систем, это тектонические волны и дегазация легких газов, водорода и гелия.

В результате исследований сформулированы следующие обобщающие положения. Кремнезем, вода – «сквозькоровые соединения», они вместе с углеродом и водородом участвуют в абсолютном большинстве геологических процессов, что во многом определяет конвергентность процессов в эволюции Земли. Гидротермально-метасоматический процесс один из основных процессов в эволюции земной коры, ее сиализации. Осадочный чехол и консолидированная кора образуют единую конвективную гидротермальную систему с пульсирующим режимом фильтрации флюидов. Ее энергетическими источниками, наиболее вероятно, являются тектонические волны и дегазация легких газов, водорода и гелия. Развитая гидротермальная система характеризуется конвективностью и длительностью функционирования в геологическом времени.

Признаком возможной локализации месторождений нефти является развитая гидротермальная система, охватывающая осадочный чехол, консолидированную кору и связанная с разрывными нарушениями мантийного заложения. Развитая гидротермальная система объясняет полихронность нефтенакпления в различных по геологическому строению и историей развития осадочных бассейнах.

Влагонасыщение уменьшает эффект рассеяния на сейсмических границах, что дает основание интерпретировать интенсивные контрастные отражения по данным МОГТ, как границы с повышенным содержанием воды. Значения V_p/V_s при водонасыщении образцов горных пород меняются не меньше, чем при уменьшении содержания кремнезема, что позволяет интерпретировать области относительно повышенных значений V_p/V_s , полученные по данным ГСЗ не только интрузиями основного состава, но также еще и влагонасыщенными породами.

Прогноз признаков преимущественного фазового состава флюида в разрезе по данным сейсмических методов, помимо задач связанных с поисками и разведкой месторождений (и не только углеводородов) необходим для исследования возможных сценариев развития геологических процессов в районах добычи полезных ископаемых, связанных с принудительным насыщением разреза водой. На уникальных крупнейших месторождениях углеводородов в огромных объемах проводится закачка воды в резервуары, тем самым интенсифицируется процесс конвекции воды не только в осадочном чехле, но и в консолидированной коре. Пока трудно себе представить последствия этого техногенного воздействия, но то, что перестройка геологической среды происходит, свидетельствует, например, рост магнитуды землетрясений на Ромашкинском месторождении.

ПРИРОДА ЗЕМЛИ КАК КОСМИЧЕСКОГО ТЕЛА: ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ СЛЕДСТВИЯ

А.А. Кузнецов

г. Санкт-Петербург, Россия. E-mail: diana.spb@list.ru

The nature of the Earth as cosmic body are elucidating. Geological (degassing, oil and gas deposits) and biochemical (origin of the protolife) are resulting.

Подобно большинству регулярных космических тел Земля в своем развитии эволюционировала от начальной «сверхгорячей» до поздней «холодной» по схеме: плазменное P1 (материнская миниПротоЗвезда) – газовое, или флюидное F1 + остаточное P1 (миниЗвезда) – жидкорасплавное L + F1, P1? (ПротоЗемля, 5–3 млрд лет) – квазитвердокристаллическое S + L, F1, P1?? (Земля) состояния с фазовыми переходами I рода между ними. Поскольку протоземной стадии (4.65 млрд лет) предшествовали две астрономические стадии, полный возраст Земли достигает, вероятно, 7–8 млрд лет. Временной интервал формирования затвердевшей в виде ритмосерий, но еще «горячей» (500–600 °C) и пластичной к концу архея протокоры соответствует цифрам 3.8–2.0 млрд лет с экстремумом появления преджизни в период 2.5–2.0 млрд лет.

С одной стороны, в результате последовательных глобальных поликонденсации, дифференциации, расслоения и полиритмично-центробежного послойного затвердевания радиальный разрез нынешней Земли представляет собой серию мощных плотных тугоплавких закристаллизованных (исключая внешнее ядро) геосфер, разделенных тонкими (100–300 км) сравнительно низкоплавкими остаточными флюидными и жидкими рудно-флюидно-солево-магматическими астеносферами, или «критическими» зонами-рудосферами, в том числе, специализированными на щелочи, воду (гидроксил-ион, сверхкритический водяной пар) и углеводороды (+He, H, N₂, S) [1]. Дренированные первыми контракционными глубинными разломами астенорудосферы маркируются на уровне протокоры древнейшими рудоносными зеленокаменными прогибами (поясами).

С другой стороны, химические элементы делятся по летучести, T кипения и плавления на два главных типа: петрогенные (нелетучие) и флюидные (летучие). Среди первых условно выделяются порообразующие «неметаллические» (Si, Al и др.) и рудообразующие металлические (Fe, Mn, Cu, Ni и т.д.), среди вторых – восстановительные (H, C, P, S) и окислительные (O, F, Cl) элементы. Согласно теории затвердевания металлических и петругических отливок в большом интервале T, выступающих в качестве модели Земли как космической «отливки», вещественная анизотропия последней сводится к следующей зональности 1-го порядка: металлы (ядро) – силикаты (мантия) и алюмосиликаты (протокора) – легколетучие: внутренние (в том числе, углеводородосфера) и внешние (астено)гидросфера и (астено)атмосфера, зональность 2-го порядка ядра: металлические геосферы, разделенные тонкими жидко-силикатными и флюидными астеносферами, мантии: силикатные геосферы, разделенные жидкими металлически-алюмосиликатными и флюидными астенорудосферами. Последние служат материнскими резервуарами планетарной дегазации и источниками вещества месторождений-гигантов (МГ) полезных ископаемых, порождающих руды и преджизнь (см. ниже).

Постоянство главных черт состава и физико-химических особенностей нефтей различных геотектонических обстановок и возрастов служит показателем общности источников и механизма формирования нефтегазовых месторождений, что осуществимо только при варианте единого генезиса нефти и газа с довлеющей ролью вполне определенных эндогенных (астеносферно-флюидные) и экзогенных (осадконакопление и химиобиогенез) факторов. В этом плане месторождения нефти и газа ничем принципиально не отличаются от рудно-металлических месторождений. Устанавливается модельно-системная гомология тех и тех [1, 2, 4, 5], которая подтверждает существование в известной мере непрерывного эволюционного ряда генетических подтипов углеводородных концентраций и месторождений (в обобщенном виде): эндогенно-минеральные (абиогенные магматически-гидротермальные в генетической связи с изверженными и протокрустальными породами) – биогенно-минеральные (в области структурно-стратиграфического или тектонического контакта кристаллического фундамента и осадочного проточехла) – минерально-биогенные (подстилаемые на глубине флюидизированными щелочными магматическими очагами или щелочными плутонами, дериваты которых взаимодействуют с углеродистыми вмещающими породами) – экзогенно-биогенные (размещающиеся целиком в разрезе осадочных бассейнов, но с главенствующей ролью эндогенных гидротермальных флюидов, своего рода, углеводородных «курильщиков», синхронных прогибанию провинции и осадконакоплению). Отмеченный ряд подобен эволюционному ряду подтипов рудных месторождений. Нефть и горючие газы, аналогично рудам (сульфидные, оксидные, самородные) стратиформных месторождений осадочных провинций, принадлежат в своей основной массе (помимо доли продуктов биосинтеза за счет РОВ) к углеводородной ветви пегматит-гидротермально-метасоматических производных полиастеносферной или плутоногенной природы.

Биогенные углеводороды с повышением T и P и, следовательно, роли эндогенных факторов частично приобретают (конвергенция) черты абиогенных углеводородов, напротив, глубинные абиогенно-минеральные углеводороды с уменьшением T и P и возрастанием роли экзогенных экологических факторов заимствуют часть признаков биогенных углеводородов. Таким образом, углеводородные МГ характеризуются либо биогенно-абиогенной, либо абиогенно-биогенной природой нефти и газа в зависимости от преобладающей роли эндогенных или осадочных углеводородов. В этом заключена суть универсальной генетической модели нефтегазообразования при наличии двух крайних, «чистых», типов МГ (ювенильных и осадочных), базирующейся на системных признаках нефтегазовых скоплений и гомологии их с обычными рудными металлическими и неметаллическими месторождениями [2, 4, 5]. Естественно, что роль углеводородных и иных хемофоссилий (метанотрофы, серотрофы и проч.), или так называемых биомаркеров должна увеличиваться (до 20–40 %) при переходе от древних (рифей – венд) месторождений нефти и газа к молодым (MZ – KZ) по мере возрастания роли осадочного литогенеза в истории Земли, то есть объема стратисферы и массы ОВ.

Раннедокембрийская преджизнь (вирусы, археобактерии и т.п.) зародилась при достижении оптимальных физико-химических условий и максимальной концентрации шестизлементной ассоциации летучих (C, H, O, N, P и S), что стало возможным только в результате длительной эволюции ПротоЗемли, сопровождавшейся становлением связанной трех–четырёхэтажной системы МГ: сверхглу-

бинное астеносферное эмбриональное, или протоместорождение МГ-0 → глубинное плутоногенное МГ-1 в крупном расслоенном плутоне в основании зеленокаменного пояса → вулканогенное МГ-2 в контрастно-дифференцированной вулкано-интрузивно-тектонической структуре → поверхностное стратиформное, или «осадочное» МГ-3 в разрезе первых рифтогенных осадочных бассейнов, унаследовавших в своих осевых, придонных частях местоположение зеленокаменных прогибов, возникшее за счет поступления и миграции гидротермально-метасоматических дериватов с глубинных уровней данной системы – древнейших гомологов современных срединно-морских и океанических «курильщиков».

Участие нефти в рождении преджизни определяется усложняющимися геобиохимическими реакциями перехода от минеральных форм к биоорганическим по схеме: углеродные соединения (графитовые, фуллерен-шунгитовые) → углеводородные простые (метан, хемофоссилии) → углеводородные высокомолекулярные (первичная нефть, или протонефть) → углеводные (C – H – O) → углеводно-азотные → углеводно-азотно-фосфорные (+ сера) соединения... → вторичная нефть (за счет ОБ).

Для проверки данной геобиохимической модели возникновения преджизни необходима постановка «решающего», как говорят физики, эксперимента [3] с целью обнаружения предбиологических соединений и фоссилизированных протомикроорганизмов, законсервированных в минералах пегматит-скарноидно-гидротермальных монолитных руд Cr, Pt, Cu, Ni, Fe, Ti, V из «критических» зон протерозойских полиритмично-расслоенных мафит-ультрамафитовых и щелочных плутонов зеленокаменных и протовулканогенных поясов, наложенных на щиты, а также из еще более ранних согласно-пластовых руд (Fe силекситы, итабириты, графититы и т.п.) в разрезе стратиформно-расслоенной протокры, обнажающейся на тех же щитах. На примере же руд из стратиформных МГ-3 в разрезе AR₂ – PR₁-ких эпирифтогенных осадочных бассейнов модель зарождения преджизни находится в согласии с ранее открытыми биофильными свойствами Fe, Mn, Au, U и других металлов, солей-галогенов и проч.

В случае получения позитивных результатов данного эксперимента, если он будет когда-либо реализован, например, в ГЕОХИ, Палеонтологическом институте, ИПНГ или Институте микробиологии РАН, в известной мере, была бы «поставлена точка» в решении проблемы происхождения (пред)жизни и (прото)биосферы на Земле.

Литература

1. Кузнецов А.А. Флюидно-магматогенная природа Земли, ее геосферных кристаллических слоев (подоболочек), месторождений-гигантов и преджизни. СПб.: Изд-во С.-Петербурга. ун-та, 2004. 384 с.

2. Кузнецов А.А. Системные признаки и универсальная модель образования углеводородных месторождений-(супер)гигантов // Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть, газ и их парагенезы. Мат-лы Всерос. конф. 22–25 апреля 2008 г. М.: ГЕОС, 2008. С. 255–258.

3. Кузнецов А.А. О «решающем» эксперименте в проблеме возникновения преджизни земного типа // Фундаментальные проблемы естествознания и техники. Труды Конгресса-2008. Книга первая (Серия «Проблемы исследования Вселенной». Вып. 33). СПб.: ООО «Невская жемчужина», 2008. С. 325–342.

4. Кузнецов А.А. Системные признаки, природа и универсальная модель образования нефтяных и газовых месторождений // Фундаментальные проблемы естествознания и техники. Труды Конгресса-2008. (Серия «Проблемы исследования Вселенной». Вып. 34). СПб., 2010.

5. Кузнецов А.А. Системные признаки и природа нефтяных и газовых месторождений (универсальная генетическая модель) // Система «Планета Земля». РОО «Гармония строения Земли и планет». М.: ЛЕНАНД, 2010.

ВОЗМОЖНАЯ НЕФТЬ МЕЗЕНСКОЙ СИНЕКЛИЗЫ

Ю.Г. Кутинов

Институт экологических проблем Севера УрО РАН, г. Архангельск

Factors of perceptivity of Mezen syncline on detection of oil and gas fields are considered. Perceptivity of region to structural-tectonic attributes is shown.

Ранее была показана прогнозная значимость для нефтегазовых месторождений следующих параметров: тип разреза осадочного чехла; глубина залегания поверхности Мохо; степень раздробленности осадочного чехла и фундамента [1]. Было выделено 4 категории разрезов: с общим количеством более 100 ед. месторождений нефти; более 10 ед.; единицы и четвертая категория разрезов – бесперспективная. Такое деление разрезов отражает статистический материал без учета месторождений нефти в рифейских отложениях и в кристаллическом фундаменте и степени изученности территорий. Для вышеуказанных месторождений более важны глубинные критерии. И по этим критериям территория Мезенской синеклизы благоприятна в нефтегазоносном отношении и сходна с площадью распространения рифейских отложений Сибирской платформы. Существующий эмпирический и теоретический материал, подтверждает одну из ведущих ролей глубинных долгоживущих разломов в образовании нефтегазоносных месторождений [2]. По данным гравитационного моделирования и ГСЗ, в Мезенской синеклизе с раннеархейского этапа существовали неоднородности архейской протокры. В архей-нижнепротерозойском кристаллическом фундаменте роль высокопроницаемых структур выполняли, унаследовавшие простирание раннепротерозойских поясов, заложённые в рифее и, частично, активизированные в венде и палеозое, системы авлакогенных структур северо-западного простирания [3]. Наследование этих структур в осадочном чехле подтверждается характером кровли вендских отложений и типом роз-диаграмм элементов-индикаторов разломов [3]. Сопоставление пометодных роз-диаграмм показало, что при их сходстве имеются и отличительные черты. Так на розе-диаграмме спрямленных границ вендских отложений явно преобладают элементы меридионального и северо-восточного простирания [3], что связано с коренной перестройкой структурного плана севера Русской плиты (активизация разломов северо-восточной ориентировки). Т.о., смена структурного плана и преимущественно глинистый состав позволяют рассматривать вендские отложения в качестве флюидоупора.

Достаточно низкий тепловой поток на территории Мезенской синеклизы (20–30 мВт/м²) [4] связан с непосредственной близостью Архангельской алмазнос-

ной провинции. Подобное явление отмечалось и для Сибирской платформы [5], где была выявлена обширная аномалия низкого теплового потока ($20\text{--}30\text{ мВт/м}^2$), располагающаяся на территории Якутской кимберлитовой провинции. Это подтверждается и другими данными. Так в одной из работ [6] обоснована возможность, что в более ранние периоды развития Земли величина интегрального теплового потока заметно превышала величину современного среднего удельного геотермального потока, особенно в области развития мантийных диапиров. О наличии такого диапира рифейского возраста на территории Мезенской синеклизы указывалось ранее [3, 7]. Т.о., анализ среднемасштабных критериев подтверждает перспективность Мезенской синеклизы.

Переходя к более локальным критериям и признакам необходимо дать краткую характеристику строения Мезенской синеклизы. Кристаллический фундамент, вскрытый четырьмя скважинами, представлен гнейсами, гранито-гнейсами, амфиболитами, кристаллическими сланцами и имеет блоковое строение. Перекрыт рифейскими и вендскими терригенными отложениями и залегает на глубине до 4 км. Протерозойские отложения перекрыты палеозойскими, мезозойскими и четвертичными осадками.

По данным [2] в Мезенской синеклизе в скв. № 1 Сторожевская (2505–2530 м) в песчаниках уфтюгской свиты обнаружены битумы, характерные для продуктивных отложений. В скв. № 1 Кажим газопоказания по сумме углеводородов (УВ) при проходке рифейских песчаников увеличились от фона (2560 м) до 4–5 % в интервале 2592–2691 (забой), а во время аварии на глубине 2568 м наблюдался перелив промывочной жидкости с выделением большого количества газов: CH_4 – 1.3; ТУВ – 0.002; N+инертные – 90.1; He – 0.41; Ar – 0.73; $\text{CO}_2+\text{H}_2\text{S}$ – 13 %. В скв. № 1 Усть-Няфта из рифейских отложений выделялся спонтанный газ с содержанием метана 55 %, в районе г. Архангельска на побережье Двинской губы из источников в п. Лапоминка и из скв. № 19 Архангельская, 597 и 599 Северодвинск из четвертичных отложений выделялся газ: CH_4 – 38–97; ТУВ – 0.1; N+инертные – 0.9–59; Ar – 0.1–0.76; $\text{CO}_2+\text{H}_2\text{S}$ – 1.5–3.4 %. В скв. № 1 Ома получен приток сухого горючего газа (10 тыс. $\text{м}^3/\text{сут}$) из вендских песчаников (-1900–2000 м). Суммарные начальные ресурсы углеводородов в рифейском нефтегазовом комплексе оцениваются в 1.5 млрд т.у.т. [2].

С 1998 г. региональные работы по изучению Мезенской синеклизы велись силами Альянса компаний-недропользователей. В этот период были проведены на Лофтуро-Айпинском участке (Азпольская впадина) площадные сейсморазведочные работы и пробурена Средне-Няфтинская скважина глубиной 4253 м, а в Вычегодской впадине закончено бурение Кельтменской параметрической скважины (4900 м). Несмотря на то, что скважины не имела промышленных притоков нефти, в целом были получены и положительные результаты [8]:

– в Кельтменской скважине по средне-верхнерифейскому разрезу доминируют карбонатные породы мощностью около 2 км, которые в верхней части содержат обильные строматолиты. Этот результат имеет принципиальное значение, т. к. пока во всех нефтегазоносных бассейнах промышленные залежи в рифейских отложениях приурочены только к органогенным карбонатным породам.

– Сейсморазведочные работы на Лофтуро-Айпинском участке показали существование протяженных реперов, связанных не только с поверхностями несогласий, но и с формационными границами в непрерывных частях рифейского разреза. Кроме них местами удается зафиксировать и латеральные неоднородности –

первые признаки, подтверждающие возможность аккумуляции углеводородов. Таким образом, и локальные критерии подтверждают возможность обнаружения углеводородов.

Кроме того, в Мезенской синеклизе вполне реально обнаружение нетрадиционного типа месторождений УВ, связанного с породами фундамента в трещинных коллекторах. На настоящий момент выявлено достаточное количество месторождений нефти и газа в кристаллических породах фундамента на разных глубинах в гранитах, гнейсах, аргиллитах, т. е. в первично-непористых породах. Продуктивность фундамента на нефть и газ выявлена на площадях в Амаль-Наджила-Нафора, в Хьюготон-Панхендле, в Оринокском нефтяном поясе, в Западно-Канадском бассейне и в Западно-Сибирской плите [9]. Открыты подобные месторождения в Юробчено-Тахомской зоне в Сибири. Анализ материалов по 35 месторождениям нефти, расположенным в различных крупных нефтегазоносных бассейнах мира [10], показал, что на глубинах свыше 4 км поровый коллектор обнаруживается только в 34 % случаев. В остальных 66 % имеют место трещинные, трещинно-кавернозные, трещинно-поровые коллекторы [11]. Обнадеживающие результаты перспективности фундамента на нефть получены в Республике Татарстан [2] и в Республике Коми. 66 % гигантских месторождений нефти и газа связаны с рифтогенезом [12], то есть со сводовыми структурами, в которых большую роль играют силы растяжения, сбросообразование, трещиннообразование и которым соответствуют выступы легких малоскоростных пород верхней мантии с вероятным скоплением флюидов, в том числе и УВ. С этими выступами связаны региональные отрицательные аномалии силы тяжести. Сходная ситуация просматривается и в строении Мезенской синеклизы [3]. Тектоника коры Мезенской синеклизы характеризуется наличием элементов региональных и вертикальных напряжений и перемещений [13]. Субгоризонтальные структуры выражены внутрикоровыми покровами и чешуями, зонами тектонического расщепления и выклинивания. Сохранение характерных черт рифей-ранневендского рифтогенеза до настоящего времени, свидетельствует о его высокой энергетической обеспеченности и значительных масштабах переработки коры. Эти данные подтверждают возможность обнаружения углеводородов на территории Мезенской синеклизы не только в рифейских отложениях, но и в породах кристаллического фундамента в бортах грабенов. Исходя из вышеизложенного, необходимы тщательная подготовка геофизическими методами площадей под бурение, научная проработка концепции поисков и научное сопровождение работ, т.к. в случае трещинных коллекторов методы изучения горизонтально-слоистой среды неприемлемы.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант 08-05-99816_р_север_а и Программы ОНЗ РАН № 9 «Межгеосферные взаимодействия», проект «Изучение процессов взаимодействия геосфер в активных геологических структурах на севере Русской плиты»

Литература

1. Результаты исследования земной коры и верхней мантии в решении прогноза минерагении Северной Евразии / Ермаков Б.А., Ерхов В.А. и др. // Геофизика. 1994. № 5. С. 51-56.
2. Перспективы нефтегазоносности кристаллического фундамента на территории Татарстана и Волго-Камского региона. Труды научн.-практич. конферен. Казань, 1998. 380 с.

3. *Кутинев Ю.Г., Чистова З.Б.* Иерархический ряд проявлений щелочно-ультраосновного магматизма Архангельской алмазонасной провинции. Их отражение в геолого-геофизических материалах. Архангельск: ОАО «ИПП «Правда Севера», 2004. 283 с.

4. *Шварцман Ю.Г., Ширококов В.Н.* Тепловое поле и геоэкологические проблемы нефтегазоносных районов // Экологические проблемы Европейского Севера. Екатеринбург: изд-во УрО РАН, 1996. С. 228-236.

5. *Дучков А.Д., Соколова Л.С.* Термическая структура литосферы Сибирской платформы // Геология и геофизика. 1997. Т. 38. № 2. С. 494-503.

6. *Добрецов Н.Л., Кирдяшкин А.А.* Теплообмен и реология нижней мантии в ранние периоды развития Земли // Доклады АН. 1995. Т. 345. № 1. С. 103-105.

7. *Фельдман А.А., Олофинский Л.Н.* Структурно-геофизическая обстановка размещения кимберлитовых полей на древних платформах. Ст. 1 // Изв. Вузов. Геол. и разведка. 1999. № 7. С. 67-81.

8. *Аплов С.В., Лебедев Б.А., Тимошенкова Н.В.* Новые данные о строении и перспективах нефтегазоносности Мезенского бассейна // Доклады АН. 2004. Т. 396. № 1. С. 71-76.

9. *Краюшкин А.В.* Абиогенно-мантийный генезис нефти. Киев: Наукова думка, 1984.

10. *Максимов С.П., Диккентейн Г.Х., Лоджевская М.И.* Формирование и размещение залежей нефти и газа на больших глубинах. М.: Недра, 1984.

11. *Веселов К.Е., Долицкая Т.В.* Новые горизонты прогнозирования поисков и разведки нефти и газа в связи с тектоникой глобального рифтогенеза // Геофизика. 1996. № 3. С. 38-43.

12. *Кучерук Е.В., Алиева Е.Р.* Рифтогенные бассейны и месторождения // Геология нефти и газа. 1991. № 3.

13. Объяснительная записка к Тектонической карте Баренцева моря и северной части Европейской России масштаба 1:2500000 / Под ред. Н. А. Богданова и В. Е. Хаина. М.: изд-во ИЛ РАН, 1996. 94 с.

ИМПАКТНЫЕ КРАТЕРЫ – КАНАЛЫ УГЛЕВОДОРОДНОЙ ДЕГАЗАЦИИ ЗЕМЛИ

В.Г. Кучеров¹, Ю.И. Пиковский², М.П. Гласко³, Н.И. Хлынина²

¹Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden; ²Географический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, 119899 Москва, Ленинские горы, 1;

³Институт географии РАН, 119017 Москва, Старомонетный пер., 29

The impact craters as channels of hydrocarbon degassing of the Earth are reviewed. The new data about the investigation of Siljan Ring impact crater, Sweden (the analysis of hydrocarbon gases and polycyclic aromatic hydrocarbons; morphostructural zoning of the crater's territory) are considered.

На Земле известно около 200 «астроблем», или «импактных кратеров» – кольцевых морфоструктур диаметром от сотен метров до трехсот километров, образовавшихся в результате падения крупных космических тел. Импактные кратеры объединяет между собой морфология рельефа внутри кольцевой структуры, характер нарушения горных пород, наличие обломков, подвергавшихся плавлению при высоком давлении. Характерная черта импактных кратеров – связь с ними месторождений различных полезных ископаемых, как сингенетичных, так и эпи-

генетичных по отношению к образованию структуры. К числу сингенетичных месторождений, образовавшихся при ударе, относят месторождения алмазов, золота, никеля, меди, которые могут достигать достаточно крупных размеров.

Каналы миграции глубинных флюидов, открывшиеся после сильнейшего ударного воздействия на поверхность Земли, обусловили начало активной геодинамической и гидротермальной деятельности, продолжавшейся в последующие геологические эпохи. Ее результатом стали характерные эпигенетичные месторождения свинца, цинка и некоторых других металлов.

С активизацией флюидодинамических процессов в местах образования импактных кратеров связаны и процессы углеводородной дегазации Земли. С этой точки зрения астроблемы изучены еще очень мало. Известно более десяти импактных кратеров, с которыми связаны промышленные месторождения нефти и газа. К таким кратерам относятся Ames (Оклахома, США), Avac (Аляска, США), Cloud Creek (Вайоминг, США), Marquez (Техас, США), Newporte и Red Wing (Северная Дакота, США), Steen River (Альберта, Канада), Viewfield (Саскачеван, Канада), Chicxulub (Юкатан, Мексика). Самый большой из названных кратеров – Chicxulub, имеет диаметр 170 км. Восточная часть этой структуры находится на суше, на полуострове Юкатан, западная – погружена в воды бухты Кампече в Мексиканском заливе. Кратер образовался около 65 млн лет назад на границе мела и палеогена. Залежи нефти находятся в линзах кратерной брекчии, выброшенной на значительное расстояние при ударе космического тела [1]. Здесь образовалась группа месторождений Кантарель, одна из первых в мире по запасам нефти. Диаметр других «нефтяных» кратеров существенно меньше – от 2,5 до 25 км. Нефть залегает, в основном, в литологических ловушках в кратерах или погребенных выброшенных брекчиях. Вместе с тем, непосредственно в импактных кратерах на ряде нефтяных месторождений Канады имеются проявления углеводородов и в породах докембрийского кристаллического фундамента [2].

В этой связи представляет научный и практический интерес изучение проявлений нефти и газа в импактном кратере Siljan Ring на территории Скандинавского кристаллического щита в центре Швеции. Кратер получил широкую известность в связи с бурением на нем глубоких скважин с целью изучения нефтегазоносности кристаллического щита.

Кратер Siljan Ring образовался в нижнем палеозое около 360 млн лет назад. Его первичный диаметр составляет 52 км. Обрамление кратера представляет собой кольцевую депрессию, занятую озерной системой. Днище кратера со средней высотой над уровнем моря 134 м, характеризуется сложным рельефом, неоднократно подвергавшемуся воздействию ледников. В юго-западной части днища сравнительно небольшую территорию занимает низменность с высотами 120–180 м, местами осложненная останцами с высотами до 250 м. Большая часть территории днища кратера занята возвышенной равниной с высотами до 400 м, сильно расчлененной эрозионной системой на увалы, гряды и холмы преимущественно северо-западного простирания. В центральной части кратера расположена многочисленная группа мелких озер. Окружающая кратер территория характеризуется ледниковым интенсивно эродированным рельефом с падением высот от 1700 м к Балтийскому морю.

В центре кратера распространены граниты, имеющие возраст около 1,7 млрд лет, пронизанные более молодыми интрузиями диабазов (долеритов). Вокруг кратера на поверхность выходят нижнепалеозойские осадочные отложения,

большой частью брекчированные, – силурийские известняки и аргиллиты, ордовикские конгломераты, песчаники, алевролиты, аргиллиты и известняки. Мощность осадочных пород, имеющих ограниченное площадное распространение, 350 м. По оценкам геологов, за время существования кратера было эродировано 1–2 км разреза [3]. Геологическая позиция кратера дает возможность практически в чистом виде изучить современную глубинную углеводородную дегазацию Земли.

На территории кратера проявления нефти и газа были известны еще в 18 веке, когда производилась кустарная добыча нефти в известняках ордовика из неглубоких колодцев [4]. J.R. Costaño [3] отмечает две группы углеводородных газов на территории кратера: в центре следовые проявления метана с легким изотопом углерода (δ^{13} -60) и в восточной части, в районе нефтепроявлений, выходы метана с тяжелым изотопом углерода (δ^{13} -45).

Первая глубокая скважина Gravberg-1 была пробурена в северо-восточной части кратера в 1986–1990 гг. на глубину 6957 м. Вторая глубокая скважина Stenberg-1 пробурена в 1991–1992 гг. в самом центре кратера на глубину около 6900 м. Обе скважины прошли по гранит-порфирам, пересеченным силлами долеритов. В скважинах были отмечены незначительные проявления углеводородного газа, как свободного, так и сорбированного гранитами и долеритами. В долеритах количество газов увеличивалось. Судя по стабильным изотопам углерода (δ^{13} от -20 до -35 ppm при бурении и δ^{13} от -42 до -56 ppm при испытании) газ по происхождению abiогенный. В составе газа было 50–70 % метана. Соотношение метан/этан изменялось в пределах 8–10 [3]. В скважине Gravberg-1 во время подъема инструмента при забое 5945 м из скважины был поднят черный асфальтоподобный материал с магнетитом (60 кг). В интерпретации его происхождения эксперты разошлись, но большинство склонилось к его техногенному характеру [5].

В последние годы в кратере активизировались буровые работы на воду. Скважины бурились, в основном, в юго-западной части кратера. Они проходили брекчированные породы до глубины примерно 500 м и останавливались у кровли гранитного массива. Почти во всех скважинах вода была насыщена горючим газом, который при атмосферном давлении переходил в свободное состояние.

С целью оценки перспектив поисков скоплений углеводородов в пределах кратера авторы провели анализ современной блоковой структуры территории и исследовали состав углеводородных газов, битуминозных веществ и полициклических ароматических углеводородов в новых скважинах и почвах.

Морфоструктурное районирование по формализованным признакам рельефа [6] позволило выявить современную блоковую структуры земной коры кратера Siljan Ring, элементы которой (морфоструктурные блоки, их ограничения – морфоструктурные линеаменты и пересечения линеаментов – морфоструктурные узлы) иерархически упорядочены и подразделяются на ранги. Главная особенность современного блокового структурного плана территории – кольцевая структура центрального типа, диаметр которой значительно превосходит диаметр кратера и составляет более 100 км. Структура представляет собой систему концентрических и радиальных зон (концентр) разных рангов. Установлены четыре концентры высокого ранга, из которых внутренняя зона соответствует депрессии собственно кратера. Территория между зонами имеет свои особенности рельефа, рисунка речной сети, простирания и линейных эрозионных элементов рельефа и блоковой структуры. Обращает внимание следующая особенность структуры: от

ее периферии к центру кратера на фоне снижения рельефа увеличивается плотность радиальных зон низкого ранга и блоковая раздробленность.

Таким образом, в современной тектонической блоковой структуре кратера Siljan Ring проявляется достаточно много флюидопроводящих зон, по которым углеводороды могут подняться в верхнюю часть гранитного массива и скопиться в пористо-проницаемых линзах.

В скважинах глубиной до 500 м, пробуренных в юго-западной части кратера (район г. Мура), встречается два типа состава свободного газа: углеводородный (CH_4 – 90–94 %, тяжелых углеводородов – 0,0002 %, азот 6–9 %, гелий 0,01–0,02 %) и азотно-углеводородный (CH_4 – 45–65%, тяжелых углеводородов – 0,001–0,12 %, азот 34–44 %, гелий 0,5–0,8 %). В почвах (за вычетом воздуха) преобладает азот (больше 98 %). Кроме того, есть метан до 1,5 %, тяжелые углеводороды до 0,001 %, гелий до 0,01 %.

По всему разрезу скважин обнаруживаются битуминозные вещества легкого и маслянистого типов, образовавшиеся в результате поликонденсации компонентов газового потока.

Интерес представляет распределение полициклических ароматических углеводородов (ПАУ). Эти углеводороды были идентифицированы в разрезе глубокой скважины Stenberg-1 (исследован шлам с глубин 2500–3500 м), в породах из скважин на воду (до 500 м) и в почвах (0,2–3,0 м). В породах из скважин в изученных интервалах идентифицированы: нафталины, фенантрен, антрацен, хризен, пирен, тетрафен, бенз(а)пирен, бенз(а)антрацен, бенз(ghi)перилен. Количество каждого углеводорода невысокие – от следов до сотых (редко до десятых) мг/г. В почвах обнаруживаются наиболее легкие 2–3-х ядерные углеводороды – (флуорен до 0,5, нафталин до 0,9, фенантрен до 2,8 мг/г) – в количествах, на числовые порядки превышающих содержание этих углеводородов в фоновых почвах. Кроме того, в существенно меньших количествах в почвах идентифицируются антрацен, хризен, пирен.

Нефть, отобранная из скважины в восточной части кратера, имела облик обычной нефти с плотностью 0,86. Без разделения на фракции, в нефти хорошо идентифицируются антрацен, пирен, тетрафен, бенз(ghi)перилен.

Происхождение ПАУ в изученных объектах предстоит еще выяснять. Во всяком случае, хорошо видна преемственность между глубокими частями гранитного массива, верхней раздробленной зоной импактного кратера и залегающей там нефтью. Флюидный поток, проходящий через почвенный слой, оставляет на почвенных частицах выносимые им ПАУ, добавляя их к имеющимся в почвах сингенетичным углеводородам, а, в случае прогревания почв, способствуя новообразованию ПАУ.

Приведенные сведения наглядно показывают, что импактные кратеры можно рассматривать как особые каналы углеводородной дегазации Земли и как перспективные объекты для поисков новых нефтегазовых ресурсов.

Литература

1. *Masaitis V.L.* Минерагенические следствия притока космического вещества // Планета Земля. Энциклопедический справочник. Том «Минерагения». СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2008. С. 249-260.

2. *Donofrio R.R.* Impact craters: implications for basement hydrocarbon production // Journal of Petroleum Geology. 1981. V. 3, N 3. P. 279-302.

3. *Castañó J.R.* Prospects for commercial abiogenic gas production: implications from the Siljan Ring area, Sweden // The future of energy gases. U.S. Geological survey professional. Paper 1570. Washington. 1993. P. 133–154.

4. *Кудрявцев Н.А.* Нефть, газ и твердые битумы в изверженных и метаморфических породах // Тр. ВНИГРИ. Вып. 142. Л., 1959. 278 с.

5. *Jeffrey A., Kaplan I.* Asphaltene-Like Material in Siljan Ring Well Suggests Mineralized Altered Drilling Fluid // Journal of Petroleum Technology. 1989. V. 41, N 12. P. 1262-1263, 1310-1313.

6. *Раницман Е.Я., Гласко М.П.* Морфоструктурные узлы – места экстремальных природных явлений. М.: Медиа-ПРЕСС, 2004. 224 с.

ОСЛОЖНЕНИЯ, РАЗВИВАЮЩИЕСЯ НА ПОЗДНЕЙ СТАДИИ РАЗРАБОТКИ СЕВЕРНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ИХ ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ ОБУСЛОВЛЕННОСТЬ

А.Н. Лапоухов

Институт проблем нефти и газа РАН; 119333 г. Москва, ул. Губкина, д. 3

The modern problems of gas production in the Extreme North are specified. Many of them may be caused or be intensified by the geodynamic process's influencing. This should be taken account in a stage of projection of gas industry objects.

Автором проведен анализ результатов разработки залежей углеводородов Севера Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции. Установлено, что наиболее актуальными проблемами являются:

- выработанность запасов;
- значительное снижение пластового давления;
- стремительное обводнение залежей в условиях упруго-водонапорного режима;
- рост активности водопескопроявлений;
- потеря газогерметичности скважин;
- абразивный износ оборудования;
- ухудшение технического состояния оснований объектов промыслов.

Многие из этих проблем могут возникать или усиливаться под воздействием особенностей современной геодинамики.

Участки недр, расположенные в пределах диагонально распределенных (преимущественно северо-западного и северо-восточного простираний) разноранговых зон геодинамически активных флексурно-разрывных нарушений, контролируемых градиентами физических полей, расчленены на ромбовидные в плане, различные по размерам блоки. Блоки закономерно ориентированы. В их пределах выявлены локальные флексурно-разрывные нарушения и геодинамически активные складки. Геодинамически активные зоны нарушений, блоки и складки предопределяют горизонтальную и вертикальную прочностные неоднородности вечномерзлых пород.

Флексурно-разрывные нарушения характеризуются повышенным тепломассопереносом и активно протекающими процессами опережающего растепления, разуплотнения, инфильтрации, термокарстообразования. Эти процессы форми-

руют резко неоднородные по плотности геологические тела, распределенные в вертикальных плоскостях. Основная движущая сила формирования плотностных



неоднородностей – поступательно-возвратные движения блоков земной коры по

Рис. 1. Фотоизображение деформации малонагруженной обвязки ДКС, на одном из месторождений Крайнего Севера (Лапоухов А.Н., 28.07.2008 г.)

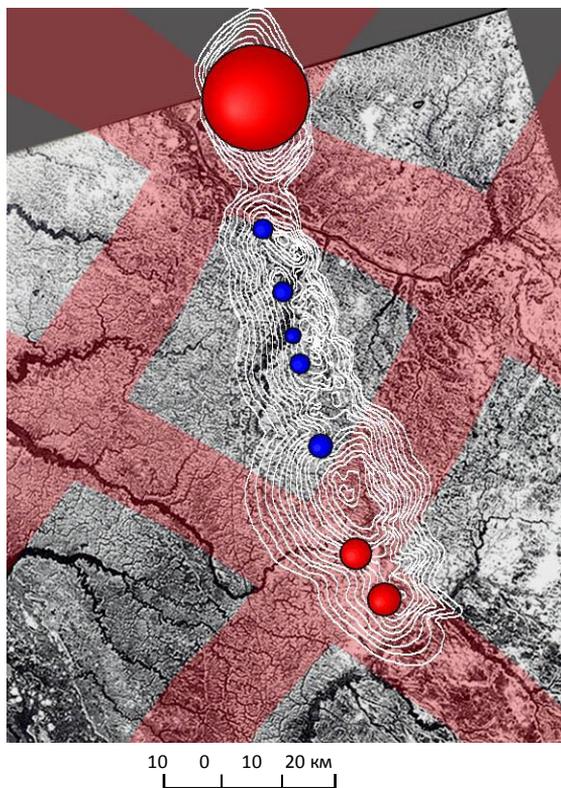
зонам геодинамически активных нарушений в результате действия механизма «твердых приливов». Теоретические и практические оценки тангенциальных составляющих гравитационного поля показали большую роль краевых эффектов поля силы тяжести в формировании и развитии тундровых ландшафтов. Краевым зонам гравитационного поля соответствуют, как правило, аналогичные зоны магнитного, электрического, радиационного, теплового полей [1].

Сопоставлением результатов системно-геодинамических и распределением аварийности, дефективности объектов обустройства промыслов установлено, что до 75–80 % чрезвычайных ситуаций и горно-экологических нарушений приурочены к градиентам физических полей, контролируемых зонами геодинамически активных нарушений. Эти зоны значительно более опасны, чем разделяемые ими блоки. Ещё более опасны геодинамические узлы – участки пересечений разнонаправленных зон нарушений. Геодинамические узлы контролируют наиболее крупные осложнения эксплуатации и чрезвычайные ситуации [2].

Объекты обустройства месторождений Крайнего Севера подвержены повышенным стрессам вследствие изменений мерзлотно-геологических условий. Анализ результатов нивелирования на Медвежьем ГКМ показывает (по состоянию на 2000 г.): около 20 % свай (кустов свай) подвержены различным по характеру и величине деформациям. Около 12 % свай имеют деформации, превышающие допустимые значения, что приводит к остановке промыслов, проведению внеплановых и досрочных работ по капитальному ремонту и реконструкции. Большая часть регистрируемых деформаций (9 % общего числа марок) приходится на

ДКС, а из них основная часть – на фундаменты наружных газовых обвязок турбоагрегатов и АВО газа.

Пример, иллюстрирующий деформацию грунта и, как следствие, деформацию элементов металлической конструкции обвязки представлен на рисунке 1. Виден результат выпучивания свай, которое привело к отрыву от поверхности грунта



Размер кружков соответствует количеству дефектных скважин, выявленных по акустической цементометрии в пределах соответствующей зоны УКПГ; изолинии структурной карты по кровле сеномана

Рис. 2. Структурная карта по кровле продуктивного пласта МГКМ на основе космического изображения, полученного 11.06 1993 г. в диапазоне 0,5–0,8 мкм с ИСЗ Ресурс-Ф2 датчиком МК-4 с региональными закономерностями распределения геодинамически активных зон и статистикой скважин с дефектами по АКЦ (Лапоухов, 2008)

малонагруженной опоры мостика. Перемещение (по свидетельствам наблюдений работников промысла) составило примерно 16 см за 10 месяцев.

Ухудшение технического состояния, разрушение объектов обустройства, происходит преимущественно связано с неполным знанием спектра эксплуатационных нагрузок, изменения физико-механических свойств металла, механизма возникновения и развития различного рода дефектов, а также с нарушением технологий изготовления, эксплуатации, ремонта несущих элементов потенциально опасных объектов.

Снижение характеристик надежности объектов обустройства МГКМ, равно как и других месторождений Крайнего Севера, интенсифицируется под неблаго-

приятным влиянием природных факторов, которые приобретают развитие в последние годы. За последние сто лет среднегодовая температура на Земле увеличилась на один градус, но при этом 40 % этого потепления произошло за последние десять лет. Эта тенденция глобальных изменений состояния окружающей среды в районе промыслов проявляется в виде оттаивания вечной мерзлоты. Уже сейчас мощность сокращается на 4 см в год, ожидается, что в ближайшие 20 лет граница распространения вечной мерзлоты сдвинется на север на 80 км. По словам заместителя министра МЧС России Р.Цаликова, «при увеличении, среднегодовой температуры на 1–2 градуса несущая способность свай, забитых в вечную мерзлоту, снизится на 50 %».

Техногенные нагрузки создают все виды сооружений, оказывающих тепловое, механическое и химическое воздействие на грунты оснований, что вызывает изменение их состава и свойств, изменение условий тепло- и влагообмена в массиве ММП и деформацию физических полей. Эти явления, а также оседание земной поверхности из-за отбора флюида из залежи интенсифицируются под воздействием естественных геодинамических процессов.

Из рисунка 2 видно, что распределение скважин с дефектами цементного кольца по площади месторождения соответствует распределению геодинамических особенностей района. Потеря газогерметичности скважин приводит к межколонным давлениям, заколонным перетокам флюидов, выходам газа за кондуктором в виде грифонов через слой воды.

В связи с этим, на заключительной стадии разработки МГКМ необходимо увеличение объемов работ по мониторингу технического состояния скважин и объектов обустройства промыслов во избежание роста аварийности.

Литература

1. Гридин В.И., Гак Е.З. Физико-геологическое моделирование природных явлений. М.: Наука, 1994. 204 с.
2. Гридин В.И., Лапоухов А.Н. Сопряженный (подземно-наземно-аэрокосмический) мониторинг чрезвычайных ситуаций // Сб. материалов V Научно-практич. конф. «Проблемы прогнозирования чрезвычайных ситуаций». М.: МЧС России, 2005.

МЕДВЕЖЬЕ ГКМ: ПРОБЛЕМА ОЦЕНКИ ЗАПАСОВ ГАЗА И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ НА ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОЙ СТАДИИ РАЗРАБОТКИ

А.Н. Лапоухов

Институт проблем нефти и газа РАН; 119333 г. Москва, ул. Губкина, д. 3

The results of official counts of Medveje field gas reserves are examined in this article. The authenticity factors gas reserves counts are analyzed. The estimating of the initial reserves are done. It has a great meaning for Medveje gas field because of its final stage of exploitation.

Крупнейшее Медвежье газоконденсатное месторождение (МГКМ), расположенное в Надым-Пур-Тазовском регионе в пределах участка недр, лицензией на разработку которого обладает ООО «Газпром добыча Надым». Основной объект эксплуатации – сеноманская газовая залежь – разрабатывается с 1972 г. В настоящее время идет заключительная стадия ее разработки.

Для данного эксплуатационного объекта интересна история подсчетов величины начальных запасов газа $Q_{зан}$: многочисленные оценки, проводимые в разное время с использованием различных методик, приводили к весьма неоднозначным результатам, которые варьировались в широких пределах (таблица 1).

Таблица 1. Хронология подсчетов начальных запасов газа и их результаты

Год	Методологическая основа определения запасов газа	Авторы подсчета	$Q_{зан}$, млрд м ³
1969	объемный метод	н/д	1548,0
1981	экспертные оценки	н/д	1800,0
1987	метод материального баланса	«ТюменНИИгипрогаз»	1923,0
1987	объемный метод	«Главтюменгеология»	2637,0
1987	экспертные оценки ГКЗ	эксперты ГКЗ	2200,0*
1992	объемный метод	«ТюменНИИгипрогаз»	2048,0
2002	аналитическая двумерная сеточная модель	ООО «Газпром добыча Надым»	2157,4
2008	аналитическая двумерная сеточная модель	ООО «Газпром добыча Надым»	2142,0

2200,0* - утвержденная на данный момент величина $Q_{зан}$.

При том, в отличие от многих других объектов газодобычи России, учет сведений, получаемых в ходе разработки залежи, приводил авторов подсчетов к необходимости пересматривать величину $Q_{зан}$ с корректировкой в сторону увеличения. Согласно действующим на сегодняшний день документам величина начальных запасов составляет 2200,0 млрд м³, которая была утверждена Государственной комиссией по запасам на основе экспертного подхода, т.к. оценки, проведенные различными методами, оказались несопоставимыми между собой 2200 млрд м³.

Автором на основе анализа фактических динамики технологических показателей разработки и ее результатов произведена оценка начальных запасов газа. При этом использованы традиционная и нетрадиционная методики.

Специфическими факторами МГКМ, которые отрицательно сказываются на достоверности подсчета запасов по часто применяемому методу падения пластового давления являются:

- центрально-групповое размещение скважин, затрудняющее контроль за распределением пластового давления на периферии залежи; дифференцированная система вскрытия ограничивает возможности контроля за вертикальным продвижением пластовой воды во взаимосвязи с техническим состоянием скважин, особенно, с качеством их цементирования;
- внутрипромысловые перетоки из-за поэтапного ввода МГКМ в разработку;
- динамическое состояние невыработанных запасов;

– погрешность осреднения пластовых давлений для геометрически большой залежи при существенных неоднородностях фильтрационно-емкостных свойств пород.

По-видимому, в значительной мере ввиду влияния этих факторов, при строгом соблюдении методики (учетом только линейной части графика зависимости приведенного давления $P_{пл}/Z = f(Q_{доб})$ и ее линейная аппроксимация, где $P_{пл}$ –

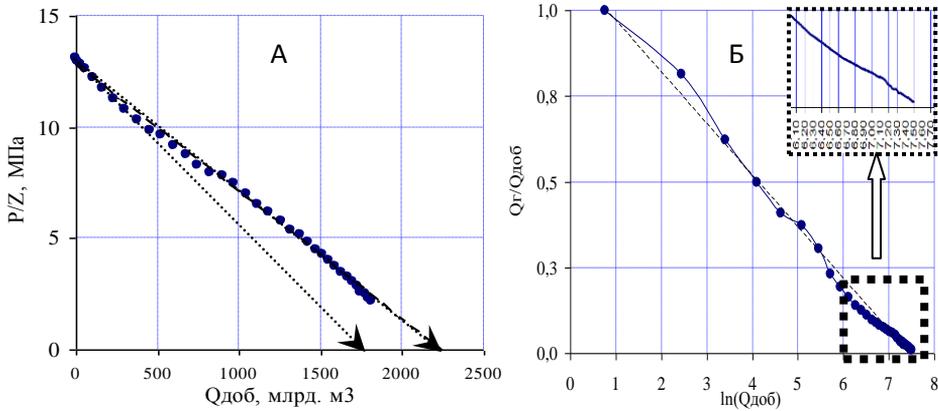


Рис. 1. Подсчет запасов газа по методу падения пластового давления (А) и по кривым Гомперца (Б)

пластовое давление, Z – соответствующий коэффициент сверхсжимаемости; $Q_{доб}$ – накопленная добыча) определения запасов по падению пластового давления дают очевидные недостоверные результаты, а именно приводят к величине $Q_{зан} = 1785$ млрд m^3 , что не превышает даже объем отобранного на данный момент газа. Расчеты по модифицированным методикам определения запасов по падению давления приводят к величине $Q_{зан} = 2181$ млрд m^3 (рис. 1, А).

Метод падения добычи активно используется в США для оценки извлекаемых запасов газа. Разработанные в России эмпирические (статистические) соотношения для аппроксимации фактических показателей разработки практически не применяются. Учитывая длительную историю разработки МГКМ, данный метод приемлем, поскольку, показывает хорошие результаты для поздней стадии разработки (Зотов Г.А., 1983).

В результате применения модификации этого метода установлена зависимость накопленной добычи сеноманского газа МГКМ от времени в виде соотношения:

$$\frac{Q_g}{Q_{доб}} = \lambda \ln Q_{зан} - \lambda \ln Q_{доб},$$

которое представляет собой линейную зависимость (рис. 1, Б), где коэффициенты приобрели значения $\lambda = 0,1051$; $\lambda \ln Q_{зан} = 0,799$. При этом $Q_{зан} = 2003$ млрд m^3 .

Вероятно, что это значение, занижено по сравнению с $Q_{зан}$, определенным по модификации метода пластового давления, по причине активизации осложнений эксплуатации газовых скважин, характерных для поздней стадии. В первую очередь, это подтягивание конусов подошвенных вод, водопескопроявления, а также заколонные перетоки и др. Исходя из этого можно заключить, что **при сохране-**

нии существующей технологии добычи залежи до конца разработки сеноманской газовой из нее удастся извлечь около 2070 млрд м³.

Однако, существует ряд факторы, при корректном учете которых объем извлеченного газа к концу разработки может быть бóльшим.

Первый учитывает значительное содержание (до 2,6 м³/м³) в подошвенной воде растворенного газа, который высвобождается при снижении пластового давления. Упруго-водонапорный режим разработки сеноманской залежи МГКМ способствует активному внедрению пластовой воды в газовую залежь. Количество этой воды на данный момент превысило 6 млрд м³, что указывает потенциальный на объем дегазации до 15,6 млрд м³.

В ряде работ (Гридин В.И., Кантемиров, 2004; Лапоухов А.Н., 2008 г.) была показана применимость теории дегазации Земли к вопросам газоносности МГКМ. Выявленные и закартированные зоны диагонально распределенных геодинамически активных зон флексурно-разрывных нарушений в пределах данного участка недр контролируют аномалии фильтрационно-емкостных свойств продуктивных отложений. По-видимому, они выполняют роль флюидоподводящих каналов. Для их ранжирования, детализации, а также количественной оценки степени их влияния на современную газоносность целесообразно проведение разноуровневых системно-геодинамических исследований. Уточненная геологическая модель, учитывающая региональные и детальные особенности современной (голоценовой) геодинамики и флюидодинамики должна лечь в основу геолого-технологической модели разрабатываемого месторождения.

При таком подходе возможно определить запасы наиболее достоверно, а также принять оптимальную с позиций максимальной газоотдачи технологию разработки на заключительной стадии, которая максимально использует потенциал восстановления пластового давления и глубоинной подпитки углеводородами.

КОЛЬЦЕВЫЕ СТРУКТУРЫ, ОБУСЛОВЛЕННЫЕ ГЛУБИННЫМИ ПОТОКАМИ ВОДОРОДА

Н.В. Ларин, В.Н. Ларин, А.В. Горбатиков

Институт физики Земли РАН, г. Москва, ул. Большая Грузинская, 10;
e-mail: Larin.Hydrogen@gmail.com

In 2009–2010 further investigation of surface formations that originated as a result of the flow of hydrogen from deep within the Earth was conducted. With the help of satellite images such formations were discovered on all of the continents. Field research was conducted using hydrogen-metering and microseismic sounding. Several formations in Voronezh and Volgograd regions were closely investigated.

В 2009–2010 гг. мы продолжили изучение структур на поверхности Земли, появление которых обусловлено потоками водорода из недр. По космическим снимкам подобные структуры нами были выделены на всех континентах. Полевое изучение проводилось с применением водородометрии и метода микросейсмического зондирования. Детально исследованы несколько структур в Воронежской и Волгоградской областях.

На рис. 1 кольцевая структура диаметром около 2,5 км отчетливо дешифрируется на космических снимках, по наличию серии вложенных друг в друга белых колец. Белый цвет почвы связан с отбеливанием чернозёмов водородом – превращением недосыщенных по водороду длинных молекул черных гуминовых кислот в короткие молекулы белых гуминовых кислот. В рельефе кольцевая структура представляет собой блюдцеобразную впадину глубиной до 10 м.

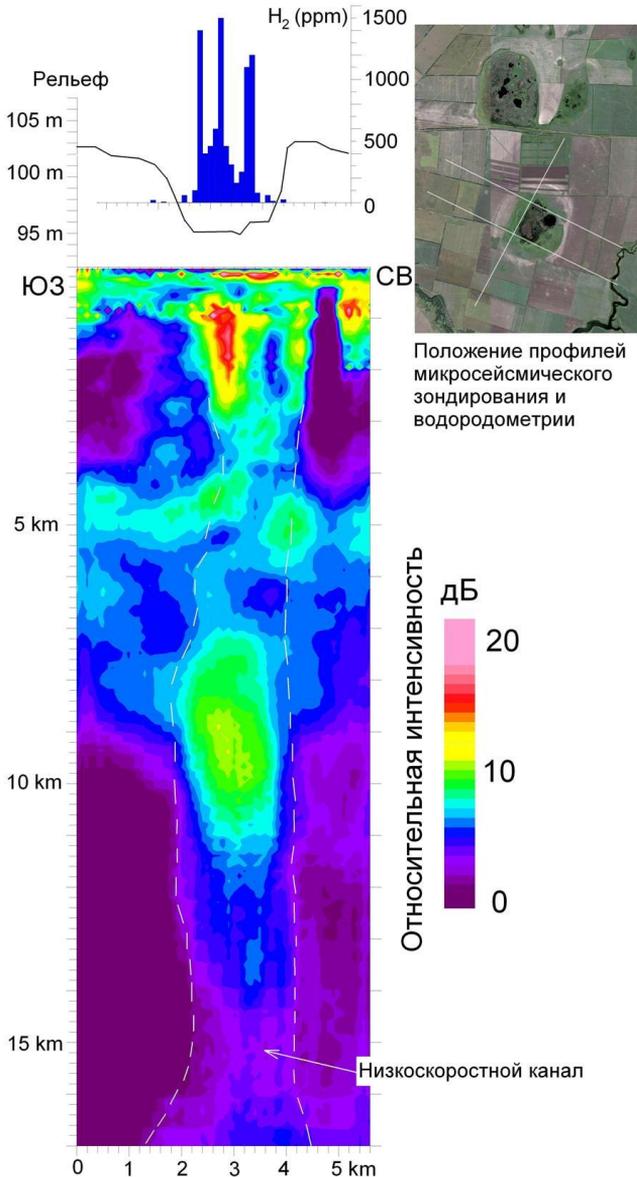


Рис. 1. Рельеф, концентрация подпочвенного водорода и разрез по относительным скоростям. Кольцевые структуры над Хопёрским разломом в 15 км ЮЮЗ от г. Борисоглебск

Водородометрия проводилась на профиле пересекающем кольцевую структуру. Длина профиля составила 4,4 км (45 замеров через 100 м). Профиль был спланирован с расчетом пройти максимально близко к центру структуры и при

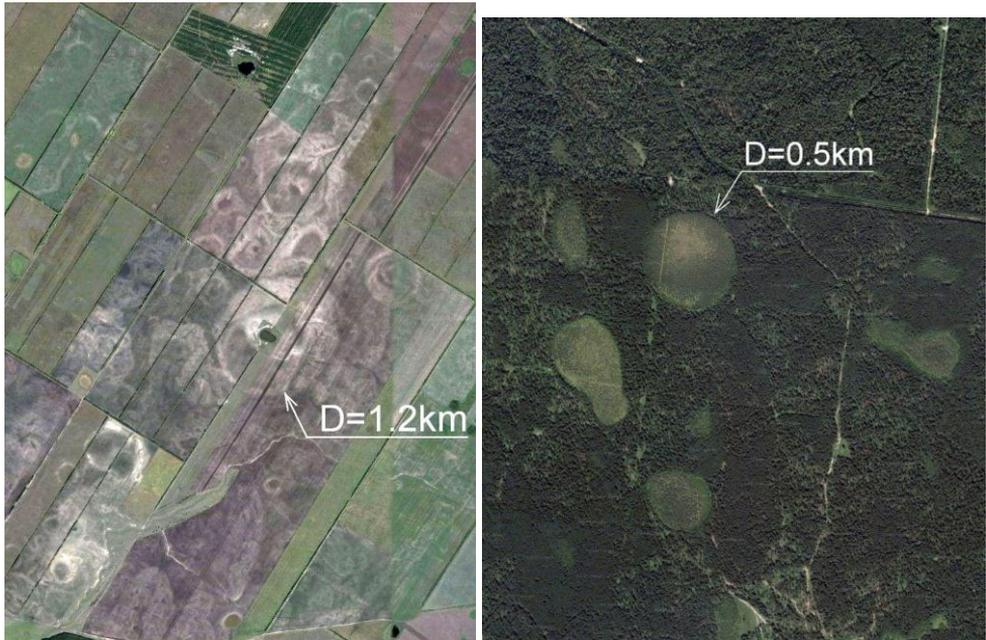


Рис. 2. Слева (2a) типичные структуры Черноземья – отчетливо дешифрируются белые кольца. Справа (2b) структуры дегазации в Ивановской области – изометричные и круглые болота и поляны в лесу

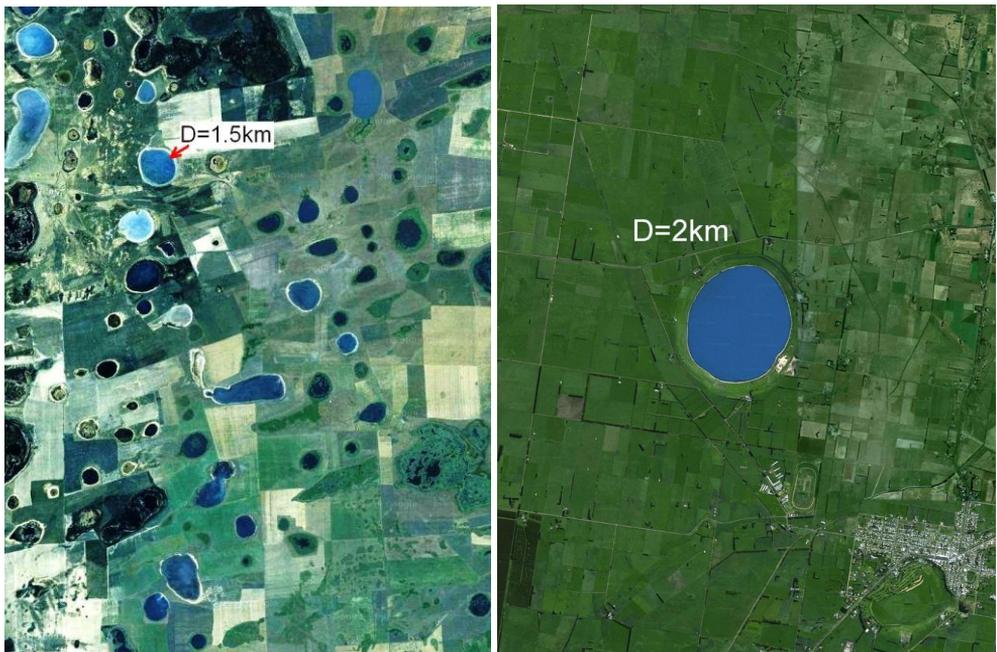


Рис. 3. Слева (3a) – Структуры в виде круглых озер характерные для Казахстана. Справа (3b) – Одно из множества круглых озер в Австралии

этом избежать попадания в газоанализаторы воды. Результаты замеров концентрации подпочвенного водорода представлены на рисунке в виде гистограммы. Отчетливо видно, что максимальные концентрации водорода (до 1600 ppm = 0,16 %) соответствуют области пониженного рельефа. На склонах концентрация водорода резко падает до нескольких ppm, а за пределами белых колец резко уменьшается до нуля.

Микросейсмическое зондирование по методике А.В. Горбатикова проводилось по серии профилей длиной до 6,4 км (33 точки с шагом 200 м). По данным МСЗ на глубине 700–2800 м выделяется низкоскоростной субвертикальный трубообразный блок (показано в тёплых тонах) шириной 0,4 и 1 км. На глубинах 7–14 км и ниже отчетливо просматривается низкоскоростной вертикальный канал шириной до 2 км. Наличие низкоскоростного субвертикального канала цилиндрической формы под кольцевой структурой позволяет утверждать, что мы видим *водородопровод*. Существование подобных каналов дегазации – *водородопроводов* прогнозировалось нами ранее.

Структуры подобные описанной встречаются повсеместно (рис. 2, 3). Безусловно, для каждого региона будет характерна своя морфология структур водородной дегазации, полагаем, что это связано с различиями климата, растительности, субстрата и пр. Но общим для них является одно – удивительно круглая форма.

Сам по себе научный факт, что мощные водородные струи на платформах существуют, что они дешифрируются на космических снимках, заметно выделяются в рельефе и имеют глубинные корни, представленные низкоскоростным каналом, заслуживает самого пристального изучения.

Водородная энергетика

Существование дегазации водорода, открывает реальные перспективы для развития водородной энергетике. Наши замеры показывают – концентрации водорода в подпочвенном (до 120 см) воздухе могут достигать до 2 %. Однако следует помнить о том, что водород достаточно активный химический элемент, и если он достигает до поверхности, то глубже его должно быть больше, поскольку по пути следования он расходуется на образование воды и другие химические реакции. По нашим оценкам промышленные концентрации водорода могут быть на глубинах порядка 1–1,5 км и для его добычи вполне подойдут существующие технологии добычи углеводородных газов.

Нефть и газ в свете водородной дегазации

По числу атомов водород является основным компонентом нефти и природного газа. Поэтому проблема происхождения углеводородов сводится к проблеме источника водорода. Углерода в Земной коре более чем достаточно. При наличии мощных потоков водорода непременно должны генерироваться углеводородные соединения. При этом струи водорода по пути своего следования образуют обширную систему пор и каверн не только по известнякам и доломитам, но также и по силикатным породам – гранитам и гранито-гнейсам. Эти поры и каверны могут заполняться новообразованной нефтью и таким образом могут формироваться богатейшие месторождения. Мы не исключаем того, что в верхних зонах наиболее зрелых *водородопроводов* могут находиться месторождения углеводородов.

Кроме того, углеводороды, в нашем понимании, образуются только тогда, когда идет дегазация водорода из глубинных зон планеты. И если в настоящее время происходит дегазация водорода, то нефть и газ должны генерироваться прямо

сейчас, и будут генерироваться завтра (здесь имеется в виду шкала времени человеческой цивилизации). Таким образом, запасы углеводородного сырья, которые мы пользуемся, скорее всего, продолжают пополняться и сегодня. В этой связи надо отметить, что в последние годы все чаще стали появляться сообщения о восполнении отработанных месторождений.

Взрывы в угольных шахтах

В метане (CH_4) на один атом углерода приходится 4 атома водорода, т.е. по числу атомов природный газ – это, прежде всего, водород. И если струи водорода идут с глубины и попадают в угольные пласты, то, разумеется, будет *образовываться метан*. Таким образом, водородные струи прямо сейчас могут формировать очаги скопления метана в угольных бассейнах, и метан в этих очагах может находиться под достаточно высоким давлением. Если очаги скопления метана в угольных бассейнах продуцируются струями водорода, то следует создавать иную систему профилактических мер, которая позволит уменьшить возможные риски и потери.

ФЛЮИДОДИНАМИКА ГЛУБОКОПОГРУЖЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ НГБ

В.В. Ларичев¹, В.И. Попков²

¹ ОАО "Газпром нефть", ² Кубанский государственный университет

В соответствии с современными данными схема гидрогеологического строения НГБ, учитывающая их гидродинамические особенности, может быть представлена в следующем виде (рис. 1). Зоне активного водообмена соответствует верхний гидрогеологический этаж (ВГЭ) преимущественного развития метеогенных вод, характеризующийся выносом солей и выщелачивания пород. Причем темп нарастания минерализации пластовых вод определяется глубиной залегания водоносных комплексов и удалением от "краевой области питания" (кривые 1 и 2).

Нижний гидрогеологический этаж (НГЭ) охватывает зоны затрудненного и весьма затрудненного водообмена. Между ними выделяется "зона перехода" (ЗП), которой в разрезе, как правило, соответствует наиболее мощная региональная водоупорная толща. В литогеохимическом плане этот интервал является переходным интервалом от зоны гипергенеза к зоне катагенеза.

Нижний этаж имеет двучленное деление: верхний гидрогеологический ярус (ВГЯ), характеризующийся преимущественно латеральной и вертикально-латеральной фильтрационной проводимостью, содержащий в себе преимущественно унаследованные седиментогенные и элизионные воды. Для этой зоны характерно резкое уменьшение латеральных потоков и преобладание затрудненной вертикальной разгрузки подземных вод в вышележащие водоносные комплексы. Зоне весьма затрудненного водообмена отвечает нижний гидрогеологический ярус (НГЯ), подверженный активному влиянию возрожденных флюидов на седиментационные воды, характеризующийся латерально-вертикальной

сквозьпластовой проводимостью, и "внутренними источниками питания". Переход к нижнему ярусу в некоторых НГБ характеризуется довольно резким проявлением в разрезе инверсионной гидрохимической зональности (а), в отдельных бассейнах инверсия проявляется менее резко (б), а в ряде случаев – гидрохимическая зональность имеет прямую зависимость (в).

Гидрогеологические условия глубокопогруженных комплексов характеризу-

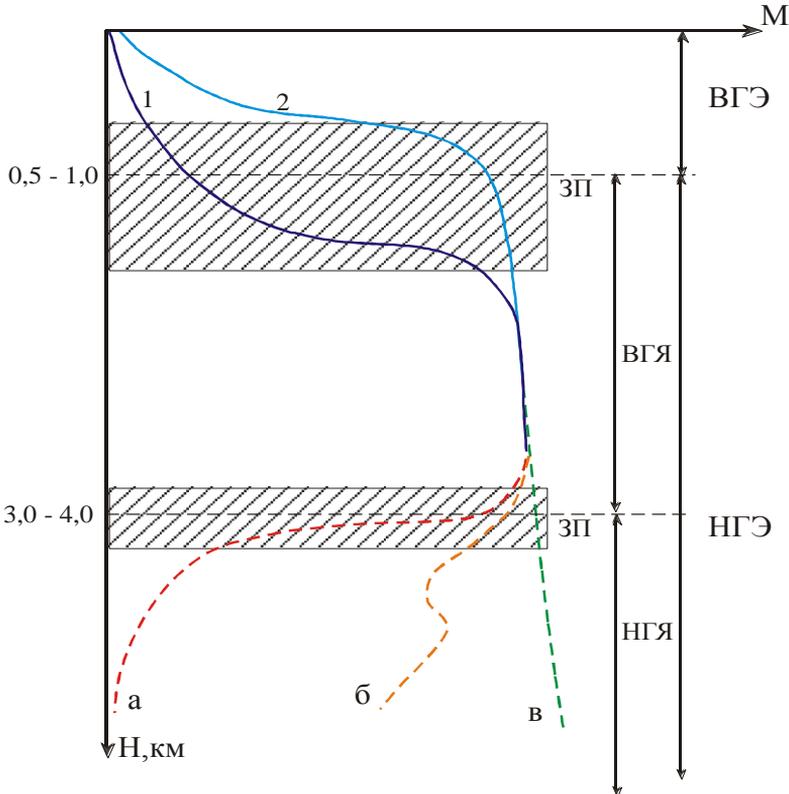


Рис.1 Принципиальная схема изменения минерализации пластовых вод в вертикальном разрезе НГБ

ются целым рядом особенностей, которые не могли не сказаться на его гидроди-

намических условиях, основными из которых являются термобарические и литофациальные. В условиях рассматриваемых глубин первые (термобарические) характеризуются высокими температурами, обеспечивающими существование подземных вод в перегретом (более 100 °С) состоянии и широким распространением сверхгидростатических пластовых давлений (СПД). Для вторых (литофациальные) характерна повышенная трещиноватость пород флюидоупорных (глинистых) комплексов на фоне высокой степени литификации пород коллекторов.

Последнее обстоятельство, в свою очередь, определяет не высокие емкостно-фильтрационные параметры пород коллекторов, их малую проницаемость в латеральном направлении, и, следовательно, скорость, масштабы и дальность латеральной миграции пластовых геофлюидов. Степень литификации пород, как правило, увеличивается прогрессивно, с нарастанием глубины, но с различной ин-

тенсивностью, которая зависит от литологических и минералогических особенностей состава пород, термобарических условий, тектонических напряжений земной коры и т.д., главными из которых являются состав пород и температура. В частности, механически прочные карбонатные породы подвержены действию главным образом физико-химической литификации, основными процессами которой являются перекристаллизация, кальцитизация, доломитизация и другие минеральные преобразования. Терригенные разности в большей степени подвергаются воздействию механической литификации. При этом наименьшее влияние она оказывает на кварцевые песчаные породы, наибольшее – на песчано-алевролитовые породы с глинистым цементом.

В этих условиях горизонты и комплексы пород-коллекторов отличаются значительной неоднородностью по проницаемым свойствам в латеральном направлении. Эта неоднородность проявляется уже на ранних стадиях седиментогенеза и диагенеза и значительно усиливается при катагенетических преобразованиях. На рассматриваемых глубинах, принадлежащих, как правило, к зоне позднего катагенеза, как в плане, так и в разрезе формируются флюидоупорные или полужидоупорные участки, сильно затрудняющие латеральную проводимость пластов, в связи с чем зоны коллекторов приобретают "островной" (пятнистый) характер, а в гидродинамическом отношении образуются латерально-изолированные или весьма трудно сообщающиеся системы. Даже в пределах отдельных структур для одного и того же пласта отмечены кратные вариации пористости на небольших расстояниях.

Кроме того, в жестких термобарических условиях коллекторские свойства пород в большинстве своем являются эпигенетическими. Вторичные процессы оказывают значительные влияния на характер распространения пород-коллекторов как в плане, так и в разрезе. При этом в одних случаях они усиливают формирование вторичной пористости, в других – способствуют залечиванию пор и трещин. В результате соотношение проницаемых и флюидоупорных толщ в разрезе компрессионного этажа носит очень сложный характер, а изолированность этих зон находит подтверждение в процессе разработки залежей, когда падение пластовых давлений в соседних скважинах не адекватны суммарным отборам.

Высокие пластовые температуры, характерные для рассматриваемых глубин, оказывают также значительное влияние на формирование гидродинамических условий компрессионного этажа. В результате в глинистых и прочих минералах исчезает физически связанная вода, минерализация которой обычно меньше по сравнению с рыхлосвязанной, что может влиять на снижение минерализации водных растворов первично-седиментационных вод. Кроме того, практически исчезают силы, удерживающие воду вблизи минеральных зерен, и тем самым значительно облегчается ее фильтрация. В то же время, высокие температуры недр стимулируют и интенсифицируют реакции взаимодействия воды и минерального скелета породы. В частности, термодегидратация глинистых минералов, растворение и сравнительно быстрое насыщение вод трудно растворимыми в обычных условиях кремнистыми и карбонатными соединениями из водосодержащих отложений приводит к тому, что при восходящей миграции и смене термобарических обстановок они выпадают из растворов в осадок, залечивая пути разгрузки. В результате мозаичность в распространении зон развития коллекторов усиливается еще больше. Размеры этих зон определить довольно сложно, поскольку изучены они пока слабо, но по оценкам ряда исследователей измеряются

сотнями, тысячами метров и первыми десятками километров. Нередко мозаичность проявляется в пределах одной структуры.

Характерной особенностью компрессионного этажа является широкое распространение сверхгидростатических, вплоть до аномально-высоких, пластовых давлений (СГПД). Коэффициенты негидростатичности при этом достигают 1,1–1,8, а некоторых случаях 1.9–2.0 и выше, что на фоне повышенных пластовых температур способствует увеличению содержания растворенных газообразных углеводородных и прочих газов в подземных водах, препятствует литификации коллекторов и уплотнению покрышек в смежных флюидоупорах. Последнее связано с наличием высокого противодавления флюидов на стенки пор. В этих условиях литификация идет пульсационно, в момент прорыва флюидов (сравливания давления) в верхние стратиграфические горизонты, поскольку возникающие градиенты давлений в смежных флюидонасыщенных интервалах, как правило,кратно выше, чем внутри какого-либо резервуара.

СГПД способствуют активизации течения физико-химических процессов и реакций по принципу Ла-Шателье, протекающих с уменьшением объема на фоне увеличения плотности. Как правило, восходящий поток флюидов воздействует на горные породы, а агрессивные компоненты его, в частности углекислота, активно вступают в реакцию с карбонатными образованиями, участвуя в формировании вторичной емкости. Мигрирующие вместе с этим потоком УВ-флюиды заполняют образовавшуюся вторичную емкость. Вместе с этим протекают и процессы самозалечивания путей миграции выпадающими минералами – кальцитом, доломитом, ангидритом в окружающую зону СГПД пространстве. Следствием такого избирательного формирования зон развития вторичной пористости на фоне самозалечивания путей миграции является образование латерально изолированных флюидодинамических систем и возникновение высоких гидравлических градиентов между ними и окружающим их пространством.

Итак, изложенное выше позволяет сделать следующие выводы:

1) глубокозалегающие горизонты и комплексы НГБ представляют собой довольно сложно построенную (мозаичную) систему чередующихся зон развития и отсутствия коллекторов, размеры которых сопоставимы с размерами локальных структур;

2) в глубоких горизонтах НГБ региональные инфильтрационные (элизионные) потоки пластовых вод не могут существовать в принципе, что ставит под сомнение влияние краевых зон (горно-складчатого обрамления) и роль элизионных процессов на формирование полей распределения пластовых давлений;

3) литофациальная мозаичность распространения зон развития коллекторов усиливается структурно-тектоническим (в более узком смысле неотектоническим) фактором прямого действия, оказывающим непосредственное влияние на структуру порово-трещинного пространства, формирующим в разрезе зоны растяжений (сжатий), разуплотнений новейшего времени. Наличие таких зон "разбивает" глубокопогруженные комплексы на блоки (ячейки, линзы и т.п.), исключая возможность значимой латеральной миграции геофлюидов;

4) очаговый характер развития зон коллекторов в глубокопогруженных комплексах, их изолированность в плане и в разрезе позволяет предполагать наличие внутренних источников питания, определяющих энергетический потенциал гидродинамической системы. Такие источники могут располагаться ниже границы распространения осадочных образований – в консолидированной коре.

НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬ ЮГА РОССИИ

Г.И. Лебедько, В.Г. Моисеенко

Южный федеральный университет; Югнедра, г. Ростов-н/Д

The deep prognostic model of the region of South Russian plate has been studied for potential of the area for discovery of the oil deposits.

Для современного этапа проведения геологоразведочных работ характерен выход на значительные глубины и объекты со все более сложным строением.

При этом, если месторождения в осадочном чехле накапливались в рамках нормальной флюидодинамической системы, то залежи углеводородов в разрезе складчатого основания формируются в условиях аномальной флюидодинамической среды. В районах неглубокого залегания фундамента задача поисков ловушек подобного типа актуальна и вполне разрешима.

Территория юга Русской плиты и ее складчатого обрамления характеризуется резкой дифференцированностью геодинамической активности. Отмечается неравномерное распределение тектонических напряжений в земной коре, что проявляется в различной степени деформированности земной поверхности, скоростях современных движений земной коры и сейсмической активности.

Сейсмическая изученность территории этой территории достигла высшей степени в сравнении с другими регионами России, что позволяет ставить проблему построения объемных карт-схем разрывной тектоники по сейсмическим данным. Густая сеть профилей МОГТ, МОВЗ, КМПВ и ГСЗ, а также результаты анализа гравимагнитных полей обеспечивают достоверность глубинных построений.

Сейсмические границы в консолидированных породах, как правило, в той или иной мере связаны с разуплотнением и флюидами. Чем контрастнее сейсмическая граница, тем выше вероятность присутствия флюида. При этом флюидные потоки, заполняя мелкие трещины, повышают «зеркальность» сейсмических границ, которые становятся гладкими, интенсивными.

Дизъюнктивная тектоника фундамента в различных формах (изменение характера записи, разрывы в корреляции отражающих горизонтов, разрывные нарушения, зоны фациальных переходов) находит отображение в осадочном чехле.

Выделение разрывных нарушений в фундаменте и осадочном чехле временного мигрированного разреза проводилось по следующим критериям: 1 – по разрыву в корреляции отражающих горизонтов; 2 – по отражениям от плоскости разлома; 3 – по дифрагированным волнам от границ резкого изменения упругих свойств; 4 – по изменению характера сейсмической записи.

Сгущение изолиний интерпретируется как проявление контрастных сейсмических границ. При комплексной интерпретации и сравнении с данными МОГТ отражающие площадки часто «ложатся» на эти сгущения изолиний, что является критерием достоверности структурных построений (А.М. Кузин, 1994).

В консолидированных толщах основания преобладают нестратиформные ловушки, связанные с зонами трещиноватости, откольными и листрическими нарушениями, а также проявлениями дилатансии. Сформированные «рыхлые» структуры имеют гораздо меньшие размеры (достигают нанометров). В глубинных РТ условиях таким образом формируются природные наносистемы, в которых субмолекулярные мельчайшие пустотные ячейки заполняются флюидами.

Детальный анализ зон флюидизации и применение современных инновационных технологий упомянутых ранее в пределах различных структурно-тектонических элементов позволит по-новому подойти к оценке углеводородного потенциала, прогнозу, поиску и разведке залежей углеводородов нефтегазоносных бассейнов юга России. Перспективы развития нефтегазовой отрасли региона необходимо в настоящее время связывать не только с шельфом южных морей, но и с глубокими горизонтами в пределах установленных в регионе нефтегазоносных бассейнов.

На юге Русской плиты по общему мнению основные перспективы связаны с югом Прикаспийской впадины, где в пределах южного карбонатного пояса выявлены уникальные и крупные месторождения углеводородов. Последние связаны с ловушками двух типов (В.П. Гаврилов и др., 2009):

а) Карбонатными органогенными структурами (платформами), занимающими значительные участки с небольшой амплитудой (около 200 м);

б) Одиночными органогенными постройками с амплитудой до 1700 м;

Латеральная нефтегазоносность Прикаспийской впадины изменчива. В подсолевых отложениях максимальная продуктивность характерна для бортовых зон (Астраханское, Тенгизское и другие месторождения). В пределах Астраханского свода прогнозируются месторождения бессернистого газа в глубокозалегающих горизонтах девона.

Южный склон Воронежской антеклизы (ЮСВА) включает Преддонецкий суббассейн. Здесь установлены два формационно-стратиграфических комплекса карбона, главные особенности строения которых обусловлены различными палеогеографическими и фациальными условиями накопления осадков. Нижний комплекс выделен между поверхностями докембрийского фундамента и регионального черемшанского перерыва. Он представлен мелководно-морской карбонатной и флишоидной (преимущественно аргиллитовой) морской формациями, которые охватывают толщи турнейского, визейского, серпуховского и нижние горизонты башкирского ярусов.

Верхний комплекс обособлен между поверхностями черемшанского и предмезозойского перерывов. Он образован угленосной преимущественно прибрежно-морской формацией среднего–верхнего карбона и карбонатной формацией низов ассельского яруса перми.

Многолетними ГРП, выполненными предприятиями «Южгеология» на территории Преддонецкого суббассейна, проведено стратиграфическое расчленение разреза, установлен ряд перспективных горизонтов, осуществлены сопоставление и корреляция разрезов более 150 скважин, в том числе расположенных и на

сопредельных территориях Украины и Волгоградской области, которые выявили ряд особенностей строения карбонатной формации в пределах Ростовской области.

Изучение закономерностей распределения мощностей карбонатной формации, по площади позволило выделить принципиально новый структурный элемент – обширный карбонатный массив (платформу), названный Крутовско-Самбуровским. Эта региональная структура, отчетливо оконтуренная изопахитой 750 м, протягивается с северо-запада от границы с Украиной на юго-восток на 60, а возможно и более, километров. Ширина массива варьирует от 5–15 до 25 км.

В пределах ЮСВА вертикальный диапазон нефтегазоносности весьма широк и фактически охватывает весь разрез карбона (от коры выветривания фундамента до верхнего карбона), включая промышленные залежи углеводородов. Анализ и

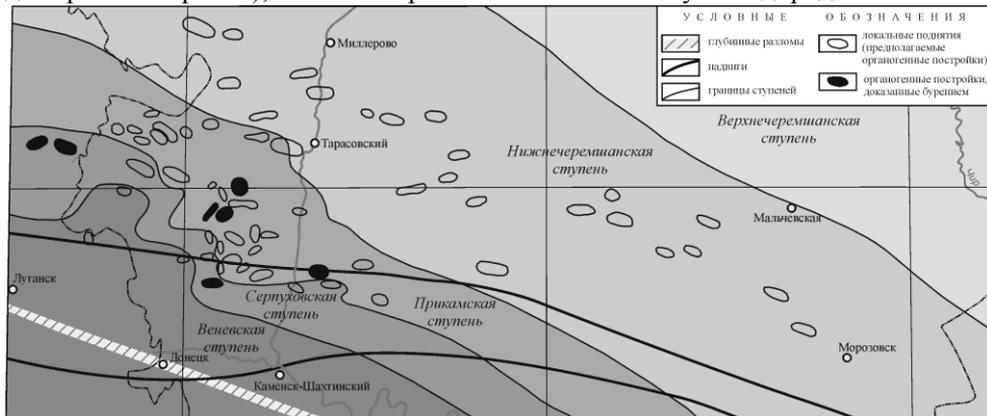


Рис. Схема расположения органогенных (рифогенных) построек

обобщение данных о структурных условиях, коллекторских свойствах, флюидоупорах, проявлениях нефтегазоносности и т.п. параметрах позволил выполнить зональный прогноз рифогенных (органогенных) ловушек УВ в ниже-среднекаменноугольных карбонатных толщах. Установлено, что большая часть органогенных построек, выявленных к настоящему времени, связана с Крутовско-Самбуровским карбонатным массивом, в частности, с его осевой частью и южным склоном. Кроме того, значительная часть органогенных построек развита над антиформами (горстами) по поверхности докембрийского фундамента (рис.). Однако своды докембрийских поднятий и залегающих выше органогенных построек карбона в плане не всегда совпадают: наблюдаются некоторые смещения, что необходимо учитывать при опосковании их бурением. При этом также следует иметь в виду, что сам риф часто заполнен водой, а залежи УВ приурочены к толщам облекания рифа.

Учитывая выявленную раздробленность ниже-среднекаменноугольного комплекса следует уточнить критерии глубинного прогноза углеводородов. На больших глубинах значительно меняются фильтрационные и емкостные свойства горных пород. Первичное поровое пространство коллекторов постепенно редуцируется. Возникающие в этом случае вторичное (кавернозно-трещинное) пустотное пространство носит дискретный (очаговый) характер. По сравнению с поровым оно отличается незначительной емкостью. Поэтому промышленную

значимость кавернозно-трещинных коллекторов могут иметь только мощные (более 100 м) толщи, в первую очередь карбонатного состава.

При этом одним из важнейших критериев успешного прогноза углеводородов на больших глубинах становится наличие надежного флюидоупора (покрышки) и тщательный анализ геодинамических условий, исключающих наличие сквозных вертикальных дислокаций.

Если для восточной части Воронежской антеклизы положительная оценка перспектив нефтегазоносности является общепринятой, то потенциал южных районов антеклизы считается не высоким. Также незначительный интерес вызывают ниже-среднекаменноугольные отложения юго-восточного обрамления Ростовского выступа. Но по прогнозным оценкам эта территория отнесена к перспективным (В.А. Бобух, 2005; Е.В. Мовшович, 2009), причем залежи УВ здесь могут быть связаны со сложными ловушками в трещиноватых известняках на склонах поднятий. Для кряжа Карпинского оценки перспектив нефтегазоносности диаметрально противоположны: от полного отрицания (А.И. Летавин и др., 1986) до положительной оценки и признания высоких перспектив (В.П. Орлов и др., 2005).

Если же исходить из флюидодинамических критериев, то региональная оценка перспективности должна опираться на тектонически активные зоны (разломы, швы, надвиговые структуры и их сочленения). При этом наличие волноводов на глубине усиливает положительную оценку. С этих позиций несомненна перспективность Восточного Донбасса и кряжа Карпинского в краевых (приразломных и принадвиговых) структурных элементах.

ПРОБЛЕМЫ МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКОГО АНАЛИЗА СЕВЕРНОГО КАВКАЗА

Г.И. Лебедько, С.Г. Парада

Южный федеральный университет; ЮНЦ РАН, г. Ростов-н/Д

Specificity of hydrogen degassing of the Earth liquid core, supervising of petroformation, is defined by geodynamics of its silicate envelopes development.

Нарастающие темпы потребления минерального сырья обуславливают освоение все более глубоких горизонтов земной коры и вовлечение в разработку новых типов месторождений. Поэтому постоянно растущие потребности в минеральном сырье будут удовлетворяться в первую очередь за счет нововведений как в технологических схемах добычи, так и в методах поисковых разработок.

Большой Кавказ, являясь частью Альпийского складчатого пояса, имеет длительную, начиная с позднего докембрия, сложную геологическую историю своего развития. Тектоническая структура Кавказа охватывает южный край Скифской плиты, южные ограничения Предкавказских передовых прогибов, осевую зону Большого Кавказа и прилегающие к ней с юга складчатые зоны. Во всех структурах в различной степени проявлено многоэтапное эндогенное оруденение.

Ресурсная база рудных месторождений Северного Кавказа за последнее время значительно сократилось. В первую очередь за счет отбраковки многих прогноз-

ных ресурсов при проведении поисково-оценочных работ. Однако главная причина заключена в отсутствии новых геологических открытий регионального масштаба. Негативная ситуация сложилась в результате того, что в течение последних десятилетий поисковое направление было практически исключено из геологоразведочных работ (С.Б. Ящинин, 2008). При этом прогнозные исследования выполнялись в малом объеме и не были обоснованы объективными металлогеническими построениями (моделями).

На Северном Кавказе геохимические методы по разным причинам использовались не в полной мере, иногда применялись некорректно и непоследовательно. Современный вариант комплексного анализа геохимических данных при проведении регионального прогноза включает комплексную интерпретацию результатов геологоразведочных работ. Используются амплитудные характеристики потенциальных полей (в основном ΔT_a и Δg), а также площадных, контурных и линейных параметров различных карт (геологической, тектонической и металлогенической).

Геофизические методы глубинного прогноза на Северном Кавказе не разработаны и практически не используются. Соответственно погруженные рудоносные толщи и массивы даже на небольших глубинах остаются неизученными. И дело даже не в отсутствии геофизических данных. Как раз, региональные геофизические работы на Северном Кавказе проведены в значительных объемах. Однако в целях прогноза рудоносности они практически не используются. Современный подход к прогнозу требует, чтобы каждая зона (точка) минерализации была протестирована на наличие геохимической и геофизической аномалий. Значимая корреляция этих параметров свидетельствует о перспективности выявленной минерализации.

Результаты изучения поверхностной структуры Кавказа свидетельствует о весьма сложном геологическом строении мегантиклинория Большого Кавказа. Длительная история формирования характеризовалась неоднократной сменой геодинамических режимов. В заключительный (альпийский) период был создан уникальный геотектонический сегмент, в котором в субмеридиональном направлении прослеживается переход от океанического типа земной коры через ороген к континентальному. Именно поэтому традиционные методы поисков, в основе которых лежит экстенсивный подход, исчерпал себя. Многотомные обобщения и теоретические сводки, основанные на результатах геолого-съёмочных работ, имеющие своей целью построение геодинамических моделей или эволюционных металлогенических схем, – практического выхода не имеют.

Известные рудные районы изучены принятыми ранее поисковыми методами с исчерпывающей полнотой. Поэтому ревизия таких рудных объектов с применением традиционных подходов не имеет смысла.

Наличие в регионе различных рудных формаций, а также широкое развитие вторичных ореолов рассеяния металлов свидетельствуют о потенциальной рудоносности Северного Кавказа. Однако определить наиболее перспективные объекты, исходя из имеющихся данных, не представляется возможным. Поэтому разрабатываются дополнительные критерии оценки перспективности рудных объектов. В их основе заложены новые представления о формировании залежей полезных ископаемых, основанные на анализе геолого-геофизических данных. Такие построения (модели) позволяют выявить благоприятные глубинные условия, определяющие области генерации, пути миграции и места разгрузки рудных объектов, и, таким образом, локализовать наиболее перспективные участки.

Концентрация металлов осуществляется в природных системах (главным образом в морских водоемах) в процессе осадконакопления в результате различных геохимических преобразований вплоть до формирования хемогенных наносферул концентрически-зонального строения. Скопления рудных компонентов связаны также с неравномерными скоплениями нанофоссилий (нанопланктона), служившими центрами аккумуляции металлов. Дальнейшая концентрация происходит в результате наложенных процессов в зонах дилатансии, в которых образуются гнездообразные сульфидные вкрапления. Обогащенными (в несколько раз) являются углеродистые терригенные и карбонатные толщи, несущие следы вторичных изменений и перекристаллизации. Выявленные генетические условия формирования рудных скоплений положены в основу рабочей модели их образования.

С практической точки зрения весьма важной характеристикой пород является степень метаморфизма. Низкие ступени метаморфизма благоприятны для рудотложения, поэтому рудная минерализация приурочена к зеленосланцевым и филлитовидным образованиям, содержащим обычно углисто-графитовую примесь.

Поскольку углеродистая компонента является главным осадителем металлов, важна оценка ее содержания в более метаморфизованных породах. Анализы $C_{орг}$ свидетельствуют о широких колебаниях концентраций органического углерода, в частности его содержание в толщах кургашинчатской свиты на порядок выше, чем в породах дуппукской свиты. В складчато-антиклинальных структурах кристалликума рудоносны обычно следующие разновидности пород: углистые филлиты, хлорит-серицитовые сланцы, углистые микрокварциты и метапесчаники. Рудосодержащими могут быть как сами породы, так и секущие их жилы кварцевого или карбонатного состава.

Современные методы спектрозональных дистанционных исследований фиксируют на поверхности потоки струйной миграции водорода и метана. Комплексный анализ различных параметров позволяет установить следы струйной миграции флюидов и таким образом выявить поверхностное отражение флюидопотока. Рудоконтролирующие зоны разломов отражены в особенностях локальных потенциальных полей, образуя зоны шириной в несколько километров. При этом зоны оруденения, тяготеющие к разломам, характеризуются интенсивными геофизическими и геохимическими аномалиями, которые фиксируют рудоконтролирующие тектонические узлы.

Многолетние исследования и обобщения фактического материала (Г.И. Лебедько, А.М. Кузин) позволили разработать общий подход к прогнозу месторождений углеводородов и руд по данным сейсмического метода, как одного из ведущих методов исследования недр. Единой методологической основой прогноза залежей углеводородов и рудной минерализации в разработанном подходе является их флюидный генезис. Это наиболее актуально для прогнозирования залежей в осадочных бассейнах и антиклинариях.

В методическом плане в основу разработанного подхода интерпретации сейсмических данных положены принципы, вытекающие из физической сущности метода и согласованности модели интерпретации данных с общей теорией поисков месторождений полезных ископаемых.

В результате ГРП последнего десятилетия проблема поисков золоторудных месторождений обрела более определенное направление. Поставлена задача поисков крупнообъемных рудных залежей в регионе. Выделено два геолого-промышленных типа крупнообъемных золоторудных месторождений: золото-

сульфидно-углеродистый и комплексный золото-серебро-барит-полиметаллический (Н.К. Курбанов, М.М. Рышков, 2009).

Золото-сульфидно-углеродистые месторождения формировались в углеродистых терригенных, терригенно-карбонатных и терригенно-вулканогенных толщах герцинид (интервал девон-карбон-пермь). Месторождения комплексных золото-серебро-барит-полиметаллических руд связана с киммеридами (J-K).

В целом на Северном Кавказе кондиционными становятся золоторудные проявления в крупнообъемных углеродистых горизонтах (терригенных, вулканогенно-терригенных и карбонатно-терригенных) в пределах линейных подвижных структур. Для оценки этих объектов необходимы новые методические подходы, поскольку во вмещающих толщах золото рассеянно неравномерно и в незначительных количествах. Повышенные его концентрации связаны с вторичными процессами, которые в этом аспекте практически не изучены. Особенно актуальна оценка поверхностного положения глубинных флюидопотоков.

Глубинный прогноз флюидоносности в пределах Кавказа возможен в результате анализа положения волноводов, установленных в глубинных зонах. В консолидированных толщах (включая кристалликум) Большого Кавказа многочисленные зоны трещиноватости связаны с глубинными разломами (в том числе откольными и листрическими). Эти проявления дилатансии формируют «рыхлые» структуры в форме штокверков, которые в глубинных условиях имеют минимальные размеры пор, достигающих микро- и нанометров. Таким образом, происходит становление природных флюидоносных наносистем.

Метод металлогенического анализа, опирающийся на глубинные геолого-геодинамические построения, должен быть комплексным и включать:

1. Спектрональный анализ космоснимков, включая данные изучения дегазации H_2 , CH_4 , проявления битумов (следов флюидов на поверхности);
2. Анализ потенциальных полей (ΔT_a , Δg , Q);
3. Интерпретация сейсмических данных (ОГТ, КМПВ, МОВЗ, ГСЗ) в целях выделения глубинных зон флюидизации;
4. Результаты геохимии, петрохимии, изотопных и геохронологических данных, обобщенных с использованием современных компьютерных технологий.

Литература

1. Яцинин С.Б. Геология, металлогения, рудноминеральные ресурсы Северного Кавказа в начале XXI века. «Кавказгеология». Ессентуки, 2008. 197 с.
2. Лебедько Г.И., Кузин А.М. Геолого-геофизическая интерпретация флюидоносных зон земной коры Северного Кавказа. Ростов-на-Дону: Изд. СКНЦ ВШ ЮФУ АПСН, 2010. 302 с.
3. Состояние минерально-сырьевой базы России и перспективы ее развития. Материалы научно-практ. конф. Ростов-н/Д, 2009.

ОБНАРУЖЕНИЕ И КАРТИРОВАНИЕ СКОПЛЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ В РАЗЛОМНЫХ ЗОНАХ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОД ГЕОЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

С.П. Левашов¹, Н.А. Якимчук¹, И.Н. Корчагин²

¹Институт прикладных проблем экологии, геофизики и геохимии, Киев, Украина,

²Институт геофизики НАНУ, Киев, Украина

Summary. The results of geoelectric methods of forming short-pulsed electromagnetic field (FSPEF) and vertical electric-resonance sounding (VERS) application in 2009 on the local areas of Ukrainian crystalline shield are given. The geoelectric anomalies of gas (gas-condensate) type were revealed and mapped on investigated areas by FSPEF method survey. The bedding depths of the anomalous polarized layers of gas and gas-condensate type were determined by VERS sounding within one anomaly areas. The anomalous zones were fixed within large-scale tectonic fractures.

Введение. В условиях господства осадочно-миграционной теории происхождения углеводородов (УВ) целенаправленные поисковые работы на нефть и газ в пределах кристаллических щитов и массивов не проводились. В связи с этим в настоящее время огромные территории распространения кристаллических пород остаются слабо изученными относительно перспектив нефтегазоносности.

На настоящий момент в кристаллических породах открыто значительное количество месторождений УВ промышленного значения. Укрепили также свои позиции сторонники глубинного, неорганического происхождения УВ [2, 6]. Исходя из этого, проблема поисков скоплений УВ в кристаллических породах может стать в перспективе весьма актуальной. Важными являются также и вопросы разработки эффективных технологий поисков, так как традиционные методы поисков и разведки в осадочных бассейнах напрямую неприменимы для кристаллических массивов и пород.

При решении нефтегазопроисковых задач в кристаллических породах могут найти применение так называемые «прямые» методы поисков нефти и газа. К последним относятся и неклассические геоэлектрические методы становления короткоимпульсного электромагнитного поля (СКИП) и вертикального электрорезонансного зондирования (ВЭРЗ) [3–6, 8]. Некоторые результаты применения этих методов в 2009 г. при поисках возможных скоплений УВ в пределах распространения кристаллических пород и массивов обсуждаются ниже.

Новоконстантиновская зона разломов. В сентябре 2009 г. экспериментальные работы методами СКИП и ВЭРЗ выполнены на локальном участке Новоконстантиновской зоны разломов (УКЩ, Кировоградский рудный район) [5]. Основная цель работ – обнаружение и картирование возможных скоплений газа и газоконденсата в пределах отдельных участков разломной зоны.

Площадной съемкой методом СКИП на площади работ обнаружено и закартировано три аномальных зоны типа залежь газа (конденсата) общей площадью 3.2 км² (рис. 1). Глубины расположения аномально поляризованных пластов типа газ и газоконденсат определены зондированием ВЭРЗ. Аномальные зоны зафиксированы площадной съемкой вдоль основных тектонических нарушений. В вертикальном разрезе выделенные АПП типа «газ» и «газоконденсат» располагают-

ся параллельно тектоническим нарушениям. По данным измерений методами СКИП-ВЭРЗ определены оптимальные места для расположения скважин по дегазации горных выработок.

Геоэлектрические исследования в северной части УКЩ (Киевская и Житомирская области) рекогносцировочного характера с целью обнаружения возможных залежей УВ в зонах дробления и тектонических нарушений кристаллических пород выполнены в ноябре 2009 г. Их проведение было «обусловлено» информацией о наличии в этом районе крупных залежей УВ.

Рекогносцировочными работами поискового характера с использованием методов СКИП и ВЭРЗ здесь оперативно обнаружено четыре аномальные зоны (АТЗ) типа «газоконденсатная залежь» (рис. 2): АТЗ «Обуховичи» (12.0 км²); АТЗ «Королевская» (10.0 км²); АТЗ «Олизаровская» (56.0 км²); АТЗ «Дружба» (16.0 км²).

В центральной части АТЗ «Королевская» до глубины 4000 м проведено зондирование ВЭРЗ. Выделены интервалы зон дробления гранитоидов, в пределах которых определены аномально поляризованные пласты типа «газ» и «газоконденсат»: 1) 430–570 м (суммарная мощность АППг = 16 м); 2) 1814–2580 м (АППг + АППк = 115 м); 3) 3345–3880 м (АППг = 184 м).

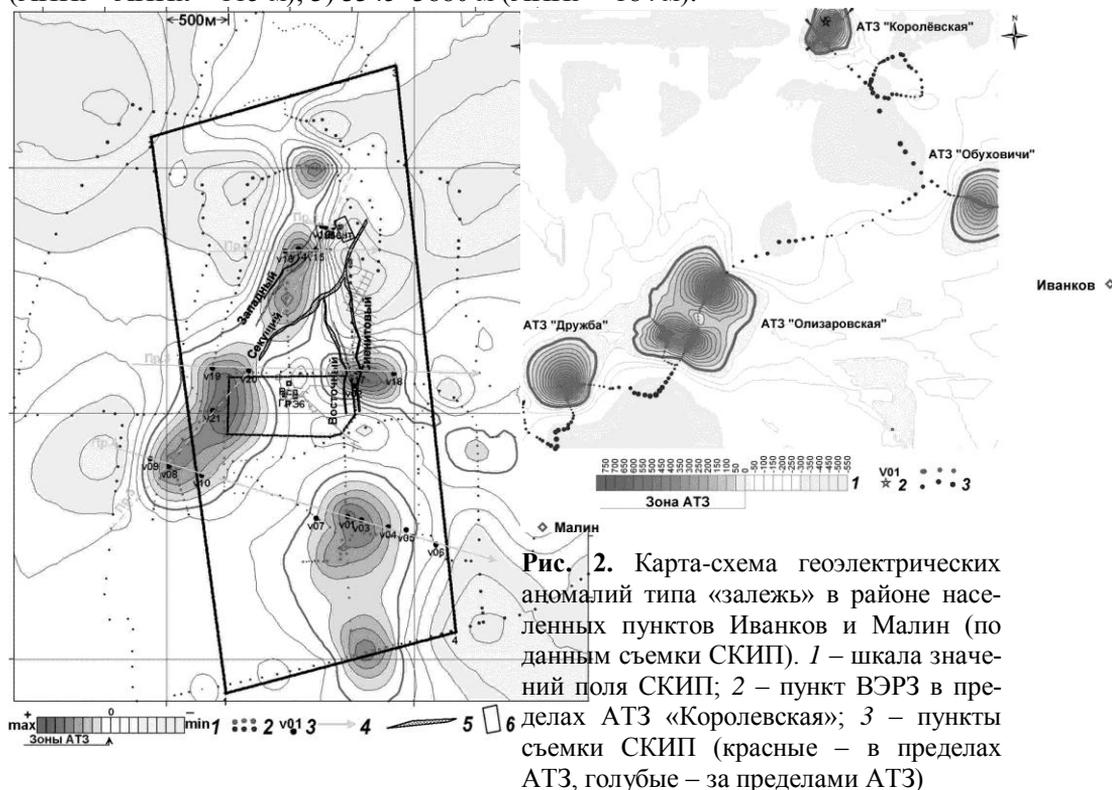


Рис. 1. Карта аномалий типа «залежь» на площади работ. 1 – шкала интенсивности аномалий; 2 – пункты съемки СКИП; 3 – пункты ВЭРЗ; 4 – линии разрезов; 5 – зоны тектонических нарушений в фундаменте; 6 – контуры участка работ

В целом, аномальные зоны фиксируются в пределах крупных тектонических нарушений. Наземными работами в целом подтверждены результаты обработки спутниковых данных для этого района.

Каневская площадь. В [7] высказывается предположение, что в районе Каневских дислокаций активные тектонические процессы привели к формированию крупного нефтяного месторождения в породах кристаллического фундамента. Этот район обследован с помощью специальной технологии обработки спутниковых данных. На участке обследования выявлено и закартировано три аномальные зоны типа «залежь газа». Однако в районе г. Канев непосредственно положительных аномалий типа «залежь нефти» по результатам обработки спутниковых данных не обнаружено.

Выводы. Приведенные результаты свидетельствуют о целесообразности проведения целенаправленных нефтегазопроисследовательских работ в отдельных частях кристаллических щитов и массивов.

1. Обнаруженные аномалии типа «залежь УВ» приурочены к районам расположения глубинных тектонических разломов. Зоны разломов (и, в первую очередь, активные) следует считать первоочередными объектами при поисках скоплений УВ в пределах кристаллических щитов (массивов), а также в платформенных частях литосферы.

2. Методами СКИП и ВЭРЗ обследован только небольшой фрагмент Ново-константиновской зоны разломов. Вполне вероятно, что геоэлектрические аномалии типа «залежь УВ» могут быть обнаружены на всей ее протяженности.

3. В северной части УКЩ рекогносцировочными работами методами СКИП и ВЭРЗ в сжатые сроки может быть обнаружено и закартировано значительное количество аномальных зон типа «залежь».

4. Результаты рекогносцировочных работ заверочного характера в Монголии демонстрируют принципиальную возможность применения технологии СКИП-ВЭРЗ для предварительной оперативной оценки перспектив нефтегазонасыщенности площадей и участков в различных (в том числе и удаленных) регионах земного шара.

5. Технология СКИП-ВЭРЗ может применяться при поисках и разведке скоплений УВ в кристаллических массивах и в тектонически нарушенных (разломных) зонах фундамента. При этом ее целесообразно комплексировать с технологией обработки и интерпретации спутниковых данных.

6. В публикации [1] отмечается, что «комплексное геохимическое картирование и прогнозно-геохимическое моделирование показали наличие в пределах изученной части Прикерченского шельфа двух крупных нефтегазо-рудообразующих геохимических систем, прогнозные запасы УВ в которых соответствуют крупным – гигантским месторождениям. Полученные данные свидетельствуют о том, что процессы миграции по глубинным тектоническим зонам углеводородов и многих химических элементов, их рассеяния и концентрации (образование залежей) и, соответственно, гидротермально-метасоматические и эпигенетические изменения вмещающих пород происходят до настоящего времени по всей многокилометровой колонне данных нефтегазородообразующих геохимических систем.

Основной вывод из этого заключается в необходимости изменения «антикли-нальной» технологии ведения поисково-разведочных работ на углеводороды в условиях шельфа. Они должны быть направлены на выявление крупных нефтега-

зо-рудобразующих геохимических систем, локализирующих на различных стратиграфических уровнях нефтегазовые залежи».

Литература

1. Дудик А.М., Чуприна И.С., Дудик С.А. Нефтегазо-рудобразующие геохимические системы Причерноморского шельфа. Азово-Черноморский полигон изучения геодинамики и флюидодинамики формирования месторождений нефти и газа. Тезисы докладов VIII Международной конференции «Крым-2009» (г. Ялта, 14–18 сентября 2009 г.). С. 102-105.
2. Индукаев Ю.В. К проблеме эндогенного происхождения нефти и газа. <http://sun.tsu.ru/mminfo/000063105/306/image/306-168-173.pdf>.
3. Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Электрорезонансное зондирование и его использование для решения задач экологии и инженерной геологии // Геологический журнал. 2003. № 4. С. 24-28.
4. Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н., Таскинбаев К.М. Поиски и разведка скоплений углеводородов геоэлектрическими методами на нефтяных месторождениях Западного Казахстана // Георесурсы. 2003. № 1. С. 31-37.
5. Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н., Разин Д.В., Юзленко А.Т. О возможности картирования геоэлектрическими методами скоплений углеводородов в кристаллических породах // Геоинформатика. 2010. № 1. С. 22-32.
6. Райкевич С.И., Райкевич М.И. Генезис углеводородов и механизм образования месторождений нефти и газа // Геология и геофизика. № 3. 2007. С. 9-16. <http://raikevich.ru/>.
7. Шевченко Н.Б., Фиалко А.И., Сухомлинов Ю.А. Некоторые геологические признаки нефтегазоносности в кристаллических породах фундамента Украинского щита (северо-восточный склон). Тезисы докладов Международной конференции «Аэрокосмические технологии в нефтегазовом комплексе». М.: РГУ, 2009. С.193-194.
8. Шуман В.Н., Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Радиоволновые зондирующие системы: элементы теории, состояние и перспектива // Геоинформатика. 2008. № 2. С. 22-50.

РОЛЬ ГЛУБИННЫХ НЕУГЛЕВОДОРОДНЫХ ГАЗОВ В ФОРМИРОВАНИИ НЕФТЕЙ

С.П. Левшунова

ФГУП «ВНИГНИ»; 105118 Москва, шоссе Энтузиастов, д. 36

Role of non-hydrocarbon deep-originated gases (CO₂, H₂, water vapours) in oil formation is discussed.

В осадочных бассейнах нефтегазоносность определяется тем этапом их развития, когда соблюдаются три условия – погружение отложений в обстановке растяжения консолидированной земной коры, значительная мощность содержащих органическое вещество (ОВ) отложений и интенсивный прогрев восходящими газодыняными потоками (Б.А. Соколов, 2001).

Прогреву осадочной толщи способствует то обстоятельство, что за счет раздробленности земной коры, находящейся в условиях растяжения, возникают пути, по которым снизу вверх начинают перемещаться горячие флюидные потоки, на существование которых указывал еще П.Н.Кропоткин свыше 60 лет назад.

Эти потоки, состоящие из струй паров воды, углекислого газа, водорода, сероводорода, гелия, а иногда и метана, представляют собой продукты дегазации вещества верхней мантии и газообразные продукты, генерируемые породами нижних слоев осадочной толщи, находящимися как в Главной зоне газообразования, так и ниже ее, а также метаморфическими породами.

В последнее время к вопросу о механизме нефтегазообразования стало возможным подойти с позиций общих законов трансформации горных пород при их нагреве, происходящей в процессе погружения.

В данном докладе рассмотрен весь путь превращения исходного ОВ в нефть. При этом на стадии седиментогенеза и раннего диагенеза роль глубинных флюидов еще не велика. На ранних стадиях неуглеводородные газы часто представляют собой побочный продукт превращения самого ОВ. При этом водород может быть задействован при дальнейшем образовании УВ, а углекислый газ и сероводород принимают участие в создании окислительно-восстановительных геохимических обстановок. Однако по мере погружения отложений их роль в процессе нефтеобразования и формирования состава образующихся нефтей все более увеличивается. В частности, протекание первичной миграции УВ из нефтегазоматеринских толщ при участии глубинных флюидов является достаточно реальным процессом.

Высоконагретые флюидные потоки выступают и как элементы тепломассопереноса, и как мощное средство извлечения «зрелых» нефтяных углеводородов (УВ) из нефтематеринских пород, перемещения их в коллекторские горизонты и ловушки. Важной особенностью при этом является обнаруженная нами способность водорода проникать в кристаллическую решетку минералов (особенно карбонатных), провоцируя при этом образование зон трещиноватости за счет проявления водородного охрупчивания пород. Особая роль вертикально направленных флюидных потоков стала более очевидной после обнаружения в рифтовых зонах Мирового океана выходов горячих струй воды, несущих водород, углекислый газ, метан, сульфиды и гидроокислы железа.

Помимо функции тепломассоносителей и участия в процессе миграции, неуглеводородные газообразные компоненты в значительной степени определяют состав сформировавшейся нефти. В случае преобладания в смеси кислых компонентов (углекислый газ и сероводород) вместе с парами воды образуются утяжеленные нефти. В случае преобладания в смеси такого мощного восстановителя, как водород, образуются облегченные нефти. Данный процесс рассмотрен на примерах составов нефтей конкретных месторождений Прикаспийской и Восточно-Кубанской впадин (1).

Из изложенного следует, что нефтегазоносность недр определяется взаимодействием всех верхних оболочек Земли, включая и верхнюю мантию. Имеет место закономерная генетическая связь между историей погружения осадочных пород, стадийностью нефтегазообразования, зональностью размещения путей миграции, составом поднимающихся снизу тепломассоносителей. Определенное пространственно-временное совокупное проявление всех этих процессов предопределяет как формирование самой нефти, так и ее состав.

Литература

1. *Левинунова С.П.* Неуглеводородные газы и их роль в формировании нефти. М.: Компания «Спутник», 2004. С. 100.

МОЛЕКУЛЯРНЫЕ КРИТЕРИИ ГЕНЕРАЦИИ НЕФТИ

И.Е. Лейфман

e-mail: leifmany@lycos.com; Израиль

The genetic and ecological criteria of petroleum generation are discussed. These criteria are based on the molecular information which inherited by petroleum biomarkers and on estimation of conditions of petroleum generation of specific source rocks.

«Отражение жизни в форме ею творимых органических соединений» (В.И. Вернадский, 1926) прослеживается в самых разных формах нахождения органического вещества (ОВ) в стратисфере в широком возрастном диапазоне проявления жизни на Земле и степени преобразования ОВ в осадочных образованиях. Уникальной формой «отражения жизни» представляется нефть. Нефть как следствие ретроспективных геологических систем и процессов и как особое геологическое образование не оставляет морфологических следов своего генезиса, но сохраняет молекулярные свидетельства основных этапов своей геохимической истории (Гусева, Лейфман, 1985). На молекулярном уровне наследуется специфика геохимической истории системы ОВ – нефтематеринская (НМ) порода (предыстория нефти) и системы нефти в скоплении (история нефти).

Многочисленные исследования свидетельствуют, что все нефти наследуют биомаркерную информацию о своей предыстории – о типе исходных организмов и условиях седиментации исходного ОВ, возрасте и типе НМ отложений, геохимической трансформации биомолекул в НМ отложениях, зрелости ОВ к началу генерации нефти, температурных условиях генерации нефти. Подробный обзор представлен Е.В.Соболевой (2003).

Наследование хемофоссилиями биогеохимической, генетической и палеонтологической информации связано с сохранением углеродного скелета, стереохимических особенностей и других элементов молекулярной структуры биомолекул в реликтах и геохимических дериватах в широком диапазоне условий осадочной толщи. Хемофоссилии нефти отличает гомологичность и высокая концентрация, обычно значительно превышающая концентрации близких по строению изомеров (Петров, 1984).

Молекулярный уровень информативности предыстории нефти позволяет различать генетические и экологические критерии генерации нефти.

Генетические критерии характеризуют генерацию нефти с позиций геохимической истории биомолекул. Молекулярный состав нефтей, в частности структурный и изомерный состав биомаркеров и соединений, сохранивших фрагменты биоструктур, однозначно свидетельствует, что основными предшественниками соединений нефти являются биомолекулы жирнокислотно-изопреноидной природы.

Генерация нефти приурочена к углеводородному (УВ) этапу геохимической истории биомолекул (Гусева, Лейфман, 1983) и представляет закономерный этап преобразования в условиях мезокатагенеза (при относительно низких температурах) продуктов деструкции полимерлипидных макромолекул керогена *рассеянного* ОВ на глинистых минералах как природных катализаторах в УВ и не-УВ соединения, характерные для нефти. Об этом свидетельствует следующая биомаркерная информация.

Отмечена идентичность биомаркеров нефтей и молодых каменных углей марок Д и Г по ряду соотношений, например, нечетных и четных *n*-алканов, пристана и фитана, по наличию $17\alpha\text{H}, 21\beta\text{H}$ конфигурации гопанов (Петров, 1984). Это характеризует нефти как каустобиолиты ранней стадии мезокатагенеза, т.е. указывает на низкотемпературные условия генерации нефти.

На примере разновозрастных отложений разных регионов показано (Неручев и др., 1986), что в зоне протокатагенеза (90–100 °С) генерация нефтяных УВ практически еще не началась, независимо от продолжительности пребывания в этой зоне (до 300 млн лет). Согласно обобщениям (Tissot and Welte, 1978, и др.), минимальная температура генерации нефти в разных бассейнах составляла несколько выше 100 °С. Подобная температура следует также из моделирования термokatалитических реакций образования нефтяных УВ (Петров, 1984) и моделирования генерирующих свойств керогена (Quigley et al., 1987). По-видимому, температура несколько выше 100 °С достаточна для начала реализации специфических реакций генерации соединений нефти в условиях осадочной толщи.

Реакции термokatализа кислород-содержащих соединений жирнокислотной и изопреноидной природы на глинистых минералах протекают по карбоний-ионному механизму, что определяет как сохранение углеродных скелетов биомолекул, так и синтез углеродных скелетов, не образующихся при биосинтезе. Среди основных реакций можно отметить декарбокислирование, кетонизацию, C_5 -дегидроциклизацию, их сопровождают реакции деструкции, изомеризации и диспропорционирования водорода, что обеспечивает протекание реакций без внешнего источника водорода (Петров, 1974, 1984).

По данным лабораторного моделирования эти реакции обеспечивают (1) образование УВ и не-УВ соединений, встречающихся только в нефти и ее дериватах, как хемофосфидов, содержащих фрагменты биоструктур, так и УВ бензиновых фракций, циклопентанов, адамантанов и др., и (2) наследование УВ, в том числе хемофосфидов, донефтяных стадий.

Низкотемпературный термokatализ продуктов деструкции керогена на природных алюмосиликатах объясняет стадийность, полигенность и полихронность образования соединений нефти, уникальность многих соединений нефти, а также формирование определенных типов нефтей, например генезис высокопарафинистых нефтей.

Минимальная температура генерации нефти подтверждается примерами генерации нефти в длительно (более 40–50 млн лет) погружавшихся породах, согласно опубликованным моделям истории погружения и термальной истории в разных бассейнах. Температура порога генерации нефти молодых пород превышает минимальную тем больше, чем моложе порода. Это отражает несоответствие температур порога деструкции керогена и генерации нефти.

Собственно генерации нефти предшествует деполимеризация геополимеров жирнокислотно-изопреноидной природы при деструкции керогена. Реальность стадии деполимеризации показана в экспериментах. Например, при термальной деградации керогена из незрелых горючих сланцев, Вост. Китай, установлено, что стадия деполимеризации (<373 °С) предшествует процессам пиролиза (от 373 до 454–469 °С), причем кинетические параметры стадии деполимеризации ниже, чем процессов пиролиза (Qin, 1988). В отличие от экспериментов, деструкция

керогена в осадочной толще приурочена к низкотемпературным стадиям природной эволюции керогена.

Вместе с тем, на данных пиролиза керогена построены кинетические модели генерации нефти. Утверждается, что гидропиролиз керогена подобен природной генерации нефти (Baskin and Peters, 1992) и что физически, химически и изотопически пиролизат (the expelled oil pyrolyzate) подобен природной нефти (Lewan, 1993, p. 419). Однако, сравнение с природной нефтью на молекулярном уровне невозможно в связи с отсутствием данных структурного и изомерного состава пиролизатов на уровне структуры углеродных скелетов и соотношения изомеров. Также не учитываются природные температуры генерации нефти.

Нефтеобразование происходит на этапе природной эволюции керогена до основного углефикационного скачка, именно в то время, пока теряются керогеном O-содержащие соединения, являющиеся источником генерации соединений нефти. В опытах по пиролизу керогенов не наблюдается потери кислорода, аналогичной природной эволюции керогена до углефикационного скачка. На материалах экспериментов по пиролизу керогена на примере сланцев Woodfort (Lewan, 1997) можно видеть, что в атомном выражении содержание кислорода очень мало меняется в ходе пиролиза, вероятно вследствие того, что основным является не потеря кислорода, а реакции деструкции углеводородных радикалов с образованием неопределенных соединений.

Напротив, при природной эволюции керогена идет высвобождение липидных структур, связанных с керогеновой матрицей через кислород (например через OH-группу, которая наиболее лабильна), благодаря чему и теряется кислород из состава керогена, а высвобождающиеся O-содержащие продукты распада керогена являются сырьем для последующего синтеза соединений нефти на природных алюмосиликатах.

Известно, что температура порога деструкции керогена (порога битуминизации) растет от древних к молодым толщам и выражается (Connan, 1974) линейной зависимостью между $\log(t)$ и $1/T$, t – возраст (млн лет), T – температура порога деструкции керогена ($^{\circ}\text{K}$). Температуры порога деструкции керогена ниже 100°C характеризуют породы с возрастом более 40–50 млн лет, выше 100°C – более молодые породы. Для молодых относительно быстро погружавшихся пород отмечено (Лейфман, 2005) достаточно хорошее совпадение температур порога генерации нефти, установленных в природных объектах, и температур порога деструкции керогена, вычисленных по зависимости Connan (1974). По-видимому, с высокими ($>300^{\circ}\text{C}$) температурами порога деструкции керогена, следовательно и порога генерации, очень молодых НМ отложений связана генерация полициклических аренов в гидротермальных и интрузивных нефтях.

Пространственно-временную разобщенность природных процессов деструкции керогена и последующих процессов генерации нефти отражают экологические критерии генерации.

Экологические критерии определяют возможность генерации нефти как следствие геодинамической и термальной истории конкретных НМ отложений (длительность и темп погружения, скорость нагрева и динамика ее изменения и др.) (Лейфман, 1998–2008). Экологические критерии позволяют разграничить *состояние* ОВ и НМ породы и *условия* внешней среды, инициировавшие процесс генерации нефти в данной НМ толще (Лейфман, 1998, 2000). Текущее состояние ОВ по-

род на момент генерации нефти отражает уровень зрелости, наследуемый биомаркерами нефти, например уровень эимеризации $20S/(20S+20R)$ $\alpha\alpha$ -стеранов C_{29} .

Генерацию нефти традиционно связывают с термально зрелыми НМ породами (Peters and Moldowan, 1993, Magoon and Dow, 1994), которые достигли уровня зрелости $R_o > 0,5-0,6$ (Вассоевич, 1975, Dow, 1977, Tissot and Welte, 1978). Однако в самых разных нефтяных системах генерация обусловлена не созревaniem керогена НМ пород, а геодинамической историей достижения НМ породами температур порога генерации (Лейфман, 2001).

Среди факторов, определяющих уровень зрелости нефтей, важнейшим представляется динамика изменения скорости нагрева НМ пород (Лейфман, 1998–2005). При относительно равномерном погружении (постоянной скорости нагрева), независимо от длительности погружения, температур порога нефтегенерации достигали зрелые НМ породы, формируя зрелые и сверхзрелые нефти в различных нефтегазоносных бассейнах. Вследствие термального стресса, вызванного резким увеличением скорости нагрева пород, НМ породы разного уровня зрелости быстро достигали температур генерации нефти, формируя разнообразные по зрелости нефти, которые наследовали дострессовую зрелость ОВ. Это определяет и формирование нефтей, в том числе незрелых, связанных со сверхвысокими скоростями прогрева пород при воздействии гидротермального и интрузивного тепла.

Изложенный материал показывает, что при исследовании нефти как ретроспективной системы важны не только молекулярные свидетельства генезиса из биогенного ОВ, но и модели, характеризующие эволюцию ОВ и НМ породы, условия и механизмы нефтеобразования.

ОБЩЕЕ В ГЕНЕРАЦИИ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ И ИНТРУЗИВНЫХ НЕФТЕЙ

И.Е. Лейфман

e-mail: leifmany@lycos.com; Израиль

The thermal stress caused by high-temperature hydrothermal and intrusive heat flow with super high heating rates is considered as the major factor of generation of hydrothermal petroleum and petroleum generated in result of heating by intrusions.

Гидротермальные нефти и нефти, генерированные при локальном воздействии тепла интрузий («интрузивные» нефти), отличаются от обычных (конвенциональных) нефтей способом нагрева и скоростями нагрева нефтематеринских (НМ) пород, возможными температурами генерации, повышенными концентрациями полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) и α -олефинов, спецификой некоторых биомаркеров. При этом эти нефти не отличаются от обычных нефтей по составу основной части и сохраняемой биомаркерной информации о своей предыстории, в том числе информации о возрасте и фаціальном типе НМ отложений и характере исходного органического вещества (ОВ). Это касается широкого возрастного диапазона нефтей – от древнейшей протеро-

зойской интрузивной нефти до современных гидротермальных нефтей с возрастом неск. тыс. лет.

Возможность генерации гидротермальных и интрузивных нефтей, как и обычных нефтей, определяется не зрелостью ОВ и НМ пород, а условиями достижения НМ породами температур генерации (Лейфман, 2001).

В концепции нефтяной системы (Petroleum system concept) гидротермальные и интрузивные нефти отнесены к атипичным (atypical) нефтяным системам, в отличие от типичных (typical), в которых породы прогреваются в процессе погружения (Magoon and Dow, 1994). Оба типа нефтяных систем различаются пределами скоростей нагрева пород.

В большинстве нефтегазоносных бассейнов обычные скорости нагрева погружавшихся пород 0,25–7,5 °С/млн лет, в среднем ~1 °С/млн лет (Wood, 1988). С высокими скоростями прогибания пород в депрессиях связаны достаточно высокие скорости нагрева пород, например, ~20 °С/млн лет в позднем неогене центр. Адриатики и Ю.Сицилии (Mattavelli and Novelli, 1990), 30–50 °С/млн лет в неогене в Паннонском бассейне (Quigley et al., 1987).

Образование гидротермальных и интрузивных нефтей связано с воздействием высокотемпературного теплового потока со сверхвысокими скоростями нагрева пород (например, 10 °С/100 лет в модели геотермальной системы, Sweeney and Burnham, 1990), значительно превышающими скорости нагрева при резком погружении пород в депрессиях. Таким образом, важнейшим фактором генерации гидротермальных и интрузивных нефтей является аномально быстрое возрастание температуры пород, т.е. термальный стресс как следствие резкого роста (скачка) скорости нагрева пород по сравнению с предшествующей. Подобный термальный стресс сопровождается относительно малым приростом длительности погружения пород, поскольку резкий рост температуры происходит в очень короткое время. Поэтому, особенно при воздействии высокотемпературного теплового потока гидротерм и интрузий, (1) термальный стресс способствовал очень быстрому достижению температур генерации НМ породами разного уровня зрелости и формированию нефтей разного уровня зрелости, (2) температурную область генерации определяют длительность дострессового погружения и величина дострессовой скорости нагрева пород, (3) нефти обычно наследуют дострессовый уровень зрелости ОВ НМ пород, (4) сочетание сверхвысоких скоростей прогрева пород и высоких температур порога деструкции керогена способствует генерации при необычно низких значениях зрелости ОВ и породы (Лейфман, 1998–2008).

Наследование дострессового уровня зрелости ОВ НМ пород имеет место несмотря на тепловой удар, испытываемый породой вследствие резкого роста скорости нагрева. Этот феномен обусловлен характером зависимости величины уровня зрелости от температуры и скорости нагрева: уровень зрелости пород (по R_o витринита) и ОВ (например, по уровню эпимеризации стеранов) определяется достигнутой температурой при данном времени равномерного погружения и обратно пропорционален скорости нагрева (Wood, 1988, Suzuki, 1990). Поэтому для достижения данного уровня зрелости требуется тем большая температура, чем выше постоянная скорость нагрева. Ориентировочно для достижения равных значений уровня эпимеризации температура пород должна возрасти на 25–30 °С при увеличении скорости нагрева в 10 раз, что следует из анализа соотношения уровень эпимеризации стеранов–температура–скорость нагрева (диаграмма Suzuki, 1990).

Следовательно, чем выше скорость нагрева пород под влиянием термального стресса, тем меньше возможность увеличения уровня зрелости ОВ и пород в период воздействия стресса и больше возможность образования нефтей с низким уровнем зрелости, что характерно для гидротермальных и интрузивных нефтей (Лейфман, 2001). В отличие от обычных незрелых нефтей, генерация которых вызвана резким депрессионным погружением НМ пород (от миоценового до триасового возраста) при формировании плиоценовых бассейнов, гидротермальные нефти часто более незрелые и генерированы молодыми четвертичными осадками. Незрелые интрузивные нефти, генерированные НМ породами девонского возраста, также выпадают из возрастного диапазона обычных незрелых нефтей.

Например, следующие гидротермальные нефти характеризуют очень низкие значения уровня эимеризации $20S/(20S+20R)$ α -стеранов C_{29} : от 0,12 до 0,28 – нефти бассейна Guaymas, Gulf of California, и Escanaba Trough, с.-в. часть Тихого океана (Kvenvolden and Simoneit, 1990), $20S/(20S+20R)$ 0,19 и 0,25 – нефти в кальдере Узон, Вост. Камчатка, при зрелости НМ пород R_o 0,2–0,3 (Петров, 1994, Баженова, Фролов, 1998, Bazhenova et al., 1998), $20S/(20S+20R)$ 0,29 – небиодegradированная нефть из подводной кальдеры Wakamiko, southern Kyushu, Япония (Yamanaka et al., 2000). Значительно более высокую зрелость $20S/(20S+20R)$ 0,37–0,52 имеют гидротермальные нефти из Кальцитного источника Йеллустонского Национального Парка (Clifton et al., 1990).

Незрелые интрузивные нефти девонских НМ пород встречены в Припятской впадине, например нефть Золотуха с $20S/(20S+20R)$ 0,28 при зрелости НМ пород R_o 0,3–0,4 (Петров, 1994), и в бассейне Williston, Канада – нефть в скв. Jedburgh, необычная по значительному содержанию α -олефинов (Li et al., 1998). Отмечено, что нефть Jedburgh генерирована при высокой температуре в результате кратковременного пиролиза термально незрелого ОВ девонских пород под влиянием пост-девонской магматической интрузии (Li et al., 1998).

Также описаны умеренно зрелые интрузивные нефти. Например, нефтяное включение в скв. Friendship-1, бассейн Roper, Австралия: нефть с $20S/(20S+20R)$ 0,43 генерирована протерозойскими НМ породами с преобладанием цианобактериального ОВ прокариотов и небольшой примесью ОВ эукариотов (Dutkiewicz et al., 2004). Другой пример – нефть с $20S/(20S+20R)$ 0,51, пропитывающая юрский песчаник свиты Pilliga в скв. Bellata-1 в сев. части бассейна Gunnedah, Австралия, близка по уровню зрелости экстракту с $20S/(20S+20R)$ 0,48 из интервала триасовой породы, подвергнутой действию интрузии и возможно генерировавшей данную нефть (Othman et al., 2001). Это значительно выше, чем низкая зрелость $20S/(20S+20R)$ 0,17–0,30 ОВ окружающих триасовых и подстилающих пермских пород. Известно, что ОВ пород наследует увеличение уровня зрелости, вызванное эффектом контактового метаморфизма интрузии (Dow, 1977, Bishop and Abbott, 1995, Othman et al., 2001). Для нефти Bellata-1 значение увеличения уровня зрелости, как и отсутствие специфических ПАУ высокотемпературных генераций, могут определяться не слишком высокими скоростями нагрева пород на относительно удалении от интрузивного тела.

Гидротермальные нефти близки обычным нефтям по составу основной части и по сохраняемой биомаркерной информации (Didyk and Simoneit, 1990, Рокосова и др. (обзор), 2001, и др.). Это может свидетельствовать о связи генезиса гидротермальных нефтей с термокатализом О-содержащих продуктов деструкции керогена конкретных морских и терригенных НМ отложений, что объясняет ге-

нерацию обычных компонентов этих нефтей. Вместе с тем, гидротермальные нефти отличаются от обычных нефтей повышенными концентрациями незамещенных ПАУ и α -олефинов, которые относят к высоко-температурным компонентам этих нефтей (Kvenvolden and Simoneit, 1990, и др.). Например, температура генерации гидротермальных нефтей Guaymas и Escanaba могла достигать по крайней мере 315 °С (Kvenvolden and Simoneit, 1990). Нефти очень молодые – возраст (по ^{14}C): нефти Guaymas 3200–7400 лет, нефти Escanaba – 17000 лет (Simoneit and Kvenvolden, 1994). Эти соотношения температур генерации и возраста могут быть следствием высоких температур порога деструкции керогена, следовательно и порога генерации, очень молодых НМ отложений. Например, для возраста 20 тыс. лет возможная температура порога деструкции керогена ~350 °С, согласно экстраполяции зависимости Connan (1974).

Вместе с тем, низкая концентрация ПАУ в нефти Узон может свидетельствовать, что она образована при более низких температурах, чем другие известные гидротермальные нефти, что подчеркивают Bazhenova et al. (1998) и Yamanaka et al. (2000). Нефтематеринскими для нефти Узон являются плейстоцен-голоценовые озерные отложения с бактериально-фитогенным ОВ, нефть генерирована в результате локального термального импульса (гидротермального и/или интрузивного) в кальдере Узон, причем олефиновые УВ нефти свидетельствуют о гидротермальном происхождении (Bazhenova et al., 1998, p. 427).

Фактически все гидротермальные и интрузивные нефти сохраняют молекулярные свидетельства генезиса из биогенного ОВ конкретных НМ отложений. По-видимому, генезис высокотемпературных компонентов гидротермальных и интрузивных нефтей определяется высокими температурами порога деструкции керогена, следовательно и порога генерации этих нефтей, а не синтезом из СО и H_2 или другими вариантами абиогенного синтеза.

Поэтому особый интерес представляют модели, характеризующие условия и механизмы образования гидротермальных нефтей. Это отражено в следующей оценке изученности гидротермальной нефти: «В дальнейших исследованиях гидротермальной нефти важное место может принадлежать экспериментальному моделированию процессов ее образования как из ОВ осадочных пород, так и из природных газов. Без данных модельных экспериментов многие объяснения особенностей состава гидротермальной нефти носят предположительный характер» (Рокосова и др., 2001, с. 15).

Многочисленные альтернативные гипотезы происхождения нефти часто используют теоретические построения (в том числе основанные на термодинамических расчетах), не подтвержденные геологическими и молекулярными свидетельствами и моделями.

Это отмечают, например, Е.А. Романкевич, А.А. Ветров, В.И. Пересыпкин (2009, с. 408) при изучении ОВ Мирового океана: «Известно, что гидротермальные системы рифтовых зон океана характеризуются геологическими, термодинамическими и геохимическими условиями, допускающими абиогенный ювенильный синтез УВ (Simoneit et al., 2004). Однако каких-либо надежных молекулярных маркеров ювенильных органических соединений не обнаружено, хотя в лабораторных экспериментах неоднократно воспроизводился синтез высокомолекулярных алифатических и других органических соединений».

Поэтому остается актуальным мнение И.М. Губкина: «...основным недостатком... [гипотез неорганического происхождения нефти] ...является то, что все они

построены на догадках и предположениях и теоретических рассуждениях, которые с геологической точки зрения не могут быть доказанными» (И.М. Губкин, Учение о нефти, 1932 г., издание 1975 г., с. 310).

ЭНЕРГЕТИКА И МЕХАНИЗМ ВТОРЖЕНИЯ И ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ГЛУБИННЫХ ФЛЮИДОВ И ИХ РОЛЬ В НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ОСАДОЧНЫХ БАССЕЙНОВ

Г.Н. Леоненко

Российский государственный геологоразведочный университет, г. Москва

Рассмотрены энергетические условия и механизм вторжения и перемещения глубинных флюидов. Отмечена их важная роль в нефтегазоносности и формировании структурно-деформационных систем осадочных бассейнов.

Power conditions and the mechanism of intrusion and moving of deep fluids are considered. Their important role in oil-gas concentration and formation of structurally-deformation systems of sedimentary pools is noted.

Безусловным достижением геологических наук конца XX – начала XXI веков является интенсивное развитие их энергетической, флюидодинамической направленности и признание её важной роли в тектоногенезе, магматизме, нефтегазоносности, в формировании полезных ископаемых. Вторжение, перемещение, изменение и рассеивание флюидов (воды, нефти, различных растворов, расплавов, высоковязких смесей и газов) является важным фактором тектоногенеза и нефтегазоносности земной коры. Общим понятием, отражающим меру различных видов движения, взаимодействия, превращения, является энергия. В осадочных бассейнах (ОБ) основой протекающих энергетических процессов является изменение условий и связанных с ними неравновесности, нестабильности, нелинейности на поверхности и в недрах Земли.

Изменение энергии в эволюции литогенеза ОБ тесно связано с решением проблем нефтегазоносности. Её индикаторами служат строение, литологическая и флюидодинамическая неоднородность, формирование фундамента, литофациальных комплексов и вод ОБ и связанные с ними последовательность, интенсивность изменений и взаимосвязь эволюционно-динамических факторов (скорости осадконакопления, динамики переноса и седиментации отложений, температур, давлений, режима флюидов). Их выражение в численных значениях позволило получить представление об энергетике ОБ. Наиболее высокой энергонасыщенностью обладают глубокопогружённые горизонты. В большинстве платформенных ОБ в эволюции осадконакопления выделяются не менее четырёх групп комплексов, отражающих этапы седиментации. Сравнительный анализ величин энергетического коэффициента комплексов, или численных значений соотношения скорости осадконакопления и динамики переноса и седиментации осадков, выполненный автором на примере Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна (ЗСНГБ) показал, что смена энергетического коэффициента (КЭ) имеет колебательный характер, а интенсивность энергетики снижается к завершению прогибания бассейна. Изменение энергетического режима на двух последних этапах обуславливает сни-

жение перспектив нефтегазоносности. Уменьшение скорости осадконакопления и КЭ на третьем этапе сопутствует понижению объёма осадков и количества органического вещества (Днепровско-Донецкий бассейн, Галф-Коста и др.). Повышение активности КЭ на последнем этапе приводит к образованию в верхнем комплексе многослойных покрышек и к большим потерям углеводородов (бассейн Мангышлака, Волго-Уральского междуречья, Западно-Канадского и др.).

Существует связь перспектив большинства нефтегазоносных бассейнов, свойств коллекторов, распределения ресурсов и скоплений углеводородов (УВ) с колебаниями энергетического потенциала, которые отражают вторжение глубинных флюидов из фундамента и пути их перемещения, оканчивающиеся в верхних горизонтах ОБ.

Нефтегазоносность предопределяется саморазвитием ОБ на всех этапах эволюции. На раннем этапе – заполнения осадками рельефа фундамента, отмечаются наибольшие величины КЭ и контрастность изменений энергетики. КЭ различаются в 2–3 и более раз, по сравнению с последующими их значениями. Это является результатом поступления вещественно-энергетических потоков из фундамента, инициирующих воспроизводство, перераспределение и превращение энергии и вещества.

Поступление вещественно-энергетических потоков из фундамента фиксируется распределением температур в бассейнах, конфигурацией изотерм и неравномерностью изменений геотермических градиентов. Например, в Западно-Сибирском нефтегазоносном бассейне зафиксировано несколько участков повышенных температур, с которыми сопряжены наиболее богатые нефтяные месторождения (Салымское, Приобское, Самотлор и др.). Величина и форма термоаномалий, пронизывающих бассейн, меняется с глубиной. Характер изменений геотермических градиентов в юрских и нижнемеловых отложениях (3,5–4,0 °C/100 м и 2,5–3,5 °C/100 м), в интервалах газовых и нефтяных скоплений (1,8–2,9 °C/100 м и 5,5 °C/100 м) отражает нефтегазообразование, перераспределение и интенсивность вещественно-энергетических потоков, сформированных в фундаменте и в наиболее погруженных частях бассейна. Кроме того, величины свойств коллекторов автоколебательно снижаются к фундаменту от 30 до 3–5 % (в 6–10 раз), давление увеличивается, автономность толщ возрастает к подошве, а флюиды, погружавшиеся с водно-породными толщами, устремляются вверх к кровле ОБ, изолированной региональным флюидоупором от рассеивания энергии и вещества. Происходит круговорот флюидов в ОБ.

Внутрибассейновым флюидам сопутствуют локализованные вещественно-энергетические потоки из фундамента бассейна (содержащие углеводородные флюиды, воду, различные газы и окислы), характеризующиеся повышенной температурой. Их распределение фиксируется грибообразной формой изотерм. Движение потоков вверх вдоль вертикальных и наклонных трещинных систем, как показало исследование гомогенизации газо-жидкостных включений, происходит импульсно на расстояния, не превышающие за импульс 1 км. О существовании путей перемещения нефти и газа от днища бассейна к поверхности Земли свидетельствует анализ изменений свойств коллекторов над зонами долгоживущих разломов, выраженных в рельефе фундамента. Анализ показал, что перегибы фундамента сопровождаются увеличением открытой пористости пород в среднем на 3–8 %. На участках, приуроченных к перегибам фундамента, распространены зоны сочленения разнофациальных комплексов и максимальной тектонической

трещиноватости. Их образованию сопутствует различное уплотнение комплексов. Поскольку прогибы мигрируют, происходит смещение и трещинных зон. В результате формируются наклонные и осложняющие их вертикальные трещинные системы с каналами перемещения флюидов, способствующими формированию скоплений углеводородов.

Прогрев и погружение водно-породных толщ ОБ вызывает разделение путей и скорости перемещения огромных масс осадков и флюидов и приводит к формированию глубинной зональности, осложнённой локальными зонами разуплотнения. Зоны различаются степенью уплотнения (разуплотнения), типами распределения минералов и флюидов, пластовыми температурами и давлением. Первая и вторая глубинные зоны (ПК–МК₁ и МК₁–МК₂, пластовые температуры 50–80 °С) слабого и нормального уплотнения характеризуются преобладанием горизонтальных и линзовидных зон разуплотнения с нормальными, недостаточными, в скоплениях углеводородов (УВ) избыточными пластовыми давлениями. Третья и четвертая зоны (МК₂–МК₃, МК₃₋₅–АК, пластовые температуры 80–115 °С) отличаются сильным и очень сильным уплотнением и разуплотнением с зонами АВПД.

Во всех зонах наблюдаются локальные участки резкой смены ассоциаций вторичных минералов, связанные с изменением режима флюидов. Неравномерная динамика образования флюидов (воды, нефти, различных газов) оказывает большое влияние на интенсивность стадийных преобразований терригенных толщ. Этот признак использован при разделении толщ на автогенетические (автономные, гидродинамически закрытые) и интрагенетические (сквозные, открытые). В ЗСНГБ в автогенетических низкопроницаемых комплексах погружения (верхнеюрские нижнемеловые отложения Красноленинского района, юрские Уренгойского) одноплановые изменения монтмориллонита, ОБ, битумов и связанные с ними образование вод, нефтегазогенерация происходят медленнее, с разницей начала генерации до 60 млн лет, на больших глубинах – на 0,35–1,0 км), при более высоких температурах – на 10–30 °С и сопровождаются генерацией большего количества газообразных УВ, на 1–5 объёмных %.

Многочисленная группа локальных зон разуплотнения возникла в условиях превышения объемов образования флюидов (генерации УВ и дегидратации глин) по отношению к их оттоку. Другая группа зон с залежами нефти и газа связана с перемещением высоконапорных флюидов. Третья обусловлена затруднением флюидообмена при уплотнении пород (гравитационно-элизионный тип). Наиболее крупные зоны разуплотнения с залежами нефти и газа расположены под глинистыми горизонтами, ограничивающими глубинные зоны. Они являются полигенными, сформированными под влиянием различных процессов разуплотнения, связанных с преобразованиями минералов и флюидов, с неравномерными прогревом, погружением комплексов пород и перемещением воды, нефти и газов. Они составляют единую систему пульсационного перемещения флюидов в ОБ, фиксируют их вторжение из глубоких горизонтов и формирование и изменение залежей.

Миграция флюидов сопровождается изменением формы, состава залежей УВ, величин пластовой температуры и давления. Пути миграции служат вертикальные и наклонные зоны трещиноватости, которые в сочетании с залежами в коллекторах, образуют силлоподобные скопления площадью от 5–25 кв. м (Итурская площадь ЗСНГБ), до 100 и более кв.км.

Крупные месторождения формируются за счет восходящей, нисходящей миграции и подтока высоконапорных флюидов извне, что отражается в их составе.

В процессе миграции возрастает соотношение пристана и фитана, изменяется содержание легких фракций и плотность нефти. В зонах разломов, по которым происходит перемещение флюидов, преобладают два типа изменений: обогащение низкомолекулярными компонентами, вследствие дополнительного поступления УВ в залежь, и относительное накопление тяжелых высокомолекулярных компонентов, как признак потери легких.

Механизм миграции контролируется плавучестью нефти и газа в водонасыщенных коллекторах, капиллярным давлением и гидродинамическим напором флюидов. Большую роль играет гравитационная сегрегация УВ, которая, как показало горизонтальное бурение, происходит в подавляющем большинстве пластов. Значительное влияние оказывает гидродинамика водного потока, которая фиксируется существованием наклонных флюидных контактов в залежах. Важное значение имеет механизм осмотического перемещения флюидов, объясняющий повышенную минерализацию вод на фронте миграции. Образование скоплений УВ происходит в зонах разуплотнения.

Выполненные автором исследования показали, что нефтегазоносность в эволюции ОБ проявляется наиболее полно в энергетически автономных структурах, количество рассеиваемой энергии в которых ниже, чем энергии поступления, превращения и воспроизводства. В глубоких горизонтах при давлениях, приближающихся к литостатическим, происходит снижение величины залежей, вплоть до исчезновения возможностей образования промышленных скоплений нефти и газа. Сочетание изменяющихся водно-породных толщ и циркулирующих в них флюидов представляет самостоятельную энергетическую структурно-деформационную систему, к которой относятся, кроме месторождений УВ, кольцевые, инъекционные, грязевулканические структуры, линзы (сферы) разуплотнения, глубинные литофлюидодинамические зоны коллекторов, трещинные системы, вдоль которых происходит наиболее интенсивный прогрев и миграция флюидных потоков. Наиболее перспективными в отношении нефтегазоносности являются участки, примыкающие к зонам контрастных изменений энергии.

ЗОНЫ ТРЕЩИНОВАТОСТИ, КАК ЭЛЕМЕНТЫ ОБМЕНА ВЕЩЕСТВОМ И ЭНЕРГИЕЙ. ИХ ОТРАЖЕНИЕ В ГЕОЛОГО- ГЕОФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Г.Н. Леоненко, В.Н. Кончаков, А.В. Агапов

РГГРУ, г. Москва, ОАО ВНИПИВзрывгеофизика, г. Раменское Московской области

Zones breaking, as geologo-geophysical systems of an exchange of sites of earth crust are located by substance and energy. Reveals elements of their structure.

В последнее время большое внимание уделяется зонам трещиноватости (разуплотнения, повышенной проницаемости), которые фиксируются в земной коре как по результатам региональных геолого-геофизических, сейсмических исследований, так и при детальном изучении природно-техногенных систем месторождений (параметров пластов, скважин и др.) при разведке и разработке зале-

жей нефти и газа. В природных условиях зоны имеют различную форму и размеры и локализируются в виде субвертикальных и наклонных флюидонасыщенных зон с повышенными коэффициентами, пористости проницаемости и энергетических параметров – температуры и давления. Они отчётливо идентифицируются на сейсмических разрезах в виде зон «потери корреляции», «сейсмической мутности» и интерпретируются как потоки флюидов, каналы дегазации, газовые трубы и др. Флюидопотоки, судя по геолого-геофизическим представлениям, продвигаются по ослабленным зонам, размывая и перерабатывая их. Процесс сопровождается увеличением трещиноватости и снижением прочности пород. Разгрузка флюидов отмечается во впадинах и сопровождается формированием невысоких поднятий инъекционного генезиса (Ю.В. Рослов и др.).

В аналогичную группу структур, очевидно, входят зоны дилатантного разуплотнения с паутинообразной трещиноватостью, формирование которых происходит при энергетическом воздействии глубинных источников энергии на породы или пласты. В соответствии с принципами термодинамики прогрев пород ведёт к проявлению дилатансии, которая сопровождается выделением дополнительной энергии. Данное явление подтверждено экспериментальными, промышленными исследованиями, изучением пород методами точной диагностики в шлифах и используется при оценке эффективности вскрытия пластов (В.Н. Кончаков, Г.Н. Леоненко и др.). Увеличение при воздействии коэффициентов пористости превышает 10 %, проницаемости по газу достигает 2–3 порядков. Выделение подобных зон растрескивания пород после гидроразрыва возможно по сейсмическим данным (В.А. Кочнев, В.С. Поляков и др.).

В природных и природно-техногенных системах «скважина-пласт», которые рассматриваются, как участки обмена энергией и веществом, любое энергетическое воздействие приводит к изменению комплекса параметров коллекторов, температуры и давления, отражающих обмен веществом и энергией, особенности которого могут быть установлены с помощью факторного анализа. В его основе лежит представление о том, что изучаемая совокупность параметров может быть выражена через дисперсию, ковариации переменных и с применением мер сходства между наблюдениями.

Анализ основан на выделении сингулярных значений и собственных векторов из квадратичной матрицы с использованием коэффициентов корреляции (R – метод факторного анализа).

Для анализа использованы юрско-меловые пласты – коллекторы Северо-Варьганского, Талинского, Вать-Еганского, Тюменского, Новопортовского, Восточно – Сургутского, Тарасовского, Карамовского и др. месторождений Западной Сибири. Анализ их строения показал, что пласты, залегающие на глубинах свыше 2,2 км, отличаются по свойствам от близповерхностных. Изменения их свойств сопровождается вариациями температур и давлений, отражающих энергетическое состояние залежей.

Наибольшее влияние на величины коллекторских параметров и продуктивность скважин оказывает трещиноватость. С ней связаны различия в величинах проницаемости по гидродинамическим данным и по керну. Это несовпадение возрастает по числу случаев с глубиной и на изученных месторождениях наблюдается в половине объектов.

Обработка данных проведена в несколько этапов. Вначале был собран материал по коллекторским свойствам и результатам испытаний полутора тысяч раз-

ведочных и эксплуатационных скважин 35 месторождений в юрско-валажинских отложениях Западной Сибири, выполнена предварительная качественная разбивка данных по степени изученности, по полноте, по надежности. В результате обработки была составлена представительная выборка, в которую вошло 120 скважин перечисленных выше месторождений. В выборке изучено 14 параметров, в том числе коэффициенты проницаемости (K) и общей пористости, пластовые температуры и давления, общая и эффективная мощность (Г.Н. Леоненко, В.В. Захаревич).

Поскольку значительное влияние на коллекторские свойства и на величины притоков оказывают трещиноватость и процессы в пластах, на следующем этапе образованную выборку разделили на две с величинами комплексного параметра трещиноватости – b , увеличивающими и уменьшающими продуктивность ($b > 1$ и $b < 1$) при изменении давления в скважине Δp .

Факторный анализ данных о продуктивности зон ($Q = K\Delta P^b$) с различными величинами параметра трещиноватости показал, что коэффициенты корреляции между свойствами коллекторов и факторами: геологическими (параметры пластов), динамическими (температура и давление) и технологическими (плотность промывочной жидкости, интервал перфорации и др.) существенно изменяются. При $b < 1$ на проницаемость зон и продуктивность скважин максимальное воздействие оказывает комплексный фактор, включающий параметр трещиноватости и параметр, отражающий гидродинамическое состояние объекта, содержащий величины коэффициента пористости, пластового давления и температуры. При $b > 1$ на первое место в структуре системы при энергетическом воздействии при вскрытии пластов выступают коэффициенты проницаемости, гидродинамического совершенства, плотность промывочной жидкости. Проведенный факторный анализ данных позволяет подтвердить, что система «скважина – пласт» является динамической. Ее структура меняется в зависимости от свойств объекта и результатов энергетического воздействия. Наиболее высокие коэффициенты корреляции и самые тесные связи могут возникать с различными параметрами при трещиноватости зон, увеличивающей или уменьшающей их проницаемость и продуктивность скважин. Следовательно, необходимо комплексное исследование и типизация условий проведения работ, поскольку влияние одних и тех же параметров в структуре системы «скважина – пласт» коренным образом различается.

С целью определения структуры системы «скважина – пласт» для юрско-меловых коллекторов Западной Сибири был выполнен также системный анализ по рассмотренным месторождениям. При анализе использованы параметры трех подсистем: геологической, технологической и подсистемы оценки эффективности вскрытия пластов. Были рассчитаны 120 пар значимых, 10 пар высокозначимых коэффициентов корреляции и 9 пар на уровне отчетливых тенденций. Значимыми элементами системы оказались величины пористости, проницаемости, прочностные свойства пластов, их литологическая и флюидодинамическая неоднородность, плотность и вязкость пластовых флюидов, изменения пластовых давлений и температуры в скважинах. Их следует использовать при анализе систем на всех этапах разведки и разработки залежей.

Таким образом, природные и природно-техногенные системы «скважина-пласт» являются динамическими. В очагах нефтегазообразования осадочных бассейнов, характеризующихся интенсивной энергонасыщенностью, порово-трещинные и трещинные коллекторы и зоны разуплотнения и трещиноватости

имеют широкое развитие и форму секущих и пластовых тел, системное изучение которых имеет большое значение. Важными элементами структуры систем, отражающих обмен веществом и энергией, являются свойства коллекторов и перемещающихся флюидов, изменение температуры и давления. В зонах с трещиноватостью, снижающей и повышающей продуктивность разрезов, структура систем различна.

К СТРОЕНИЮ ПОДВОДНОЙ ОКРАИНЫ СВ САХАЛИНА

А.В. Литвинова¹, В.Л. Ломтев²

¹ ОАО «Дальморнефтегеофизика», Южно-Сахалинск

² Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск

Structural peculiarities of submarine NE Sakhalin margin seaward Okha isthmus are considered by CDP data of JSC Dalmorneftegeophysica and results of their geological interpretation. Among them: 1) Three Brothers megadike and antiklinal zone; 2) outer shelf-slope, prism of young, Pliocene-Quaternary, sediments of paleoAmur; 3) gas and near-bottom gas hydrates (zone of complicated wave field).

В докладе по данным многоканального МОГТ ОАО «Дальморнефтегеофизика» (ДМНГ) 2000 г. рассматриваются особенности строения подводной окраины СВ Сахалина мористее Охинского перешейка. Профили А и В ориентированы в СВ направлении и отработаны мористее заливов Тронт (Тропто) и Коленду (рис. 1).

Трехбратская мегадайка (ТМД). В фондовой литературе описывалась как одноименная или Восточно-Одоптинская антиклинальная зона у края шельфа СВ Сахалина (антиклиналь или структурная дамба, представляющая собой выступ позднемеловых пород акустического фундамента [7, 8 и ссылки в них]). Подъем кайнозойского чехла, включая нутовские отложения, местами его протыкание и замещение, а также мощные линейные, магнитная и гравитационная, аномалии (по данным ДМНГ в интерпретации В.А. Зайцева) позволяют предполагать интрузивную природу антиклинали и ее молодой, позднекайнозойский возраст [5]. Аналогично охотским мегадайкам тело ТМД на профилях МОГТ маркируют узкие зоны реверберации [3, 4]. В плане ее южное окончание картировано на широте Ныйского залива, а северное – с двумя развилками (близ горы Три Брата на юге Восточного хребта п-ова Шмидта и на 55 параллели) – прослежено вдоль СВ шельфа и подводного продолжения Сахалина до 56° с.ш. На широте Луньского залива и далее до подводного хребта Терпения прослеживается более сложно построенная Пограничная мегадайка, фиксируемая в геофизических полях аналогично ТМД, и созданная ей блоковая, антиклинальная структура. Т.о. вслед за [1, 5] можно предполагать, что обе мегадайки маркируют фронтальный взбросо-надвиг Сахалинской кордильеры и связаны с внедрением ультрабазитов. Актуальность дальнейшего изучения ТМД и ее апофиз (см. антиклиналь на профиле А близ пикета 1700), связана с возможностью термогенерации углеводородов в кайнозойском чехле Северо-Сахалинского нефтегазоносного бассейна [5], поскольку все его известные месторождения располагаются к западу от нее [8].

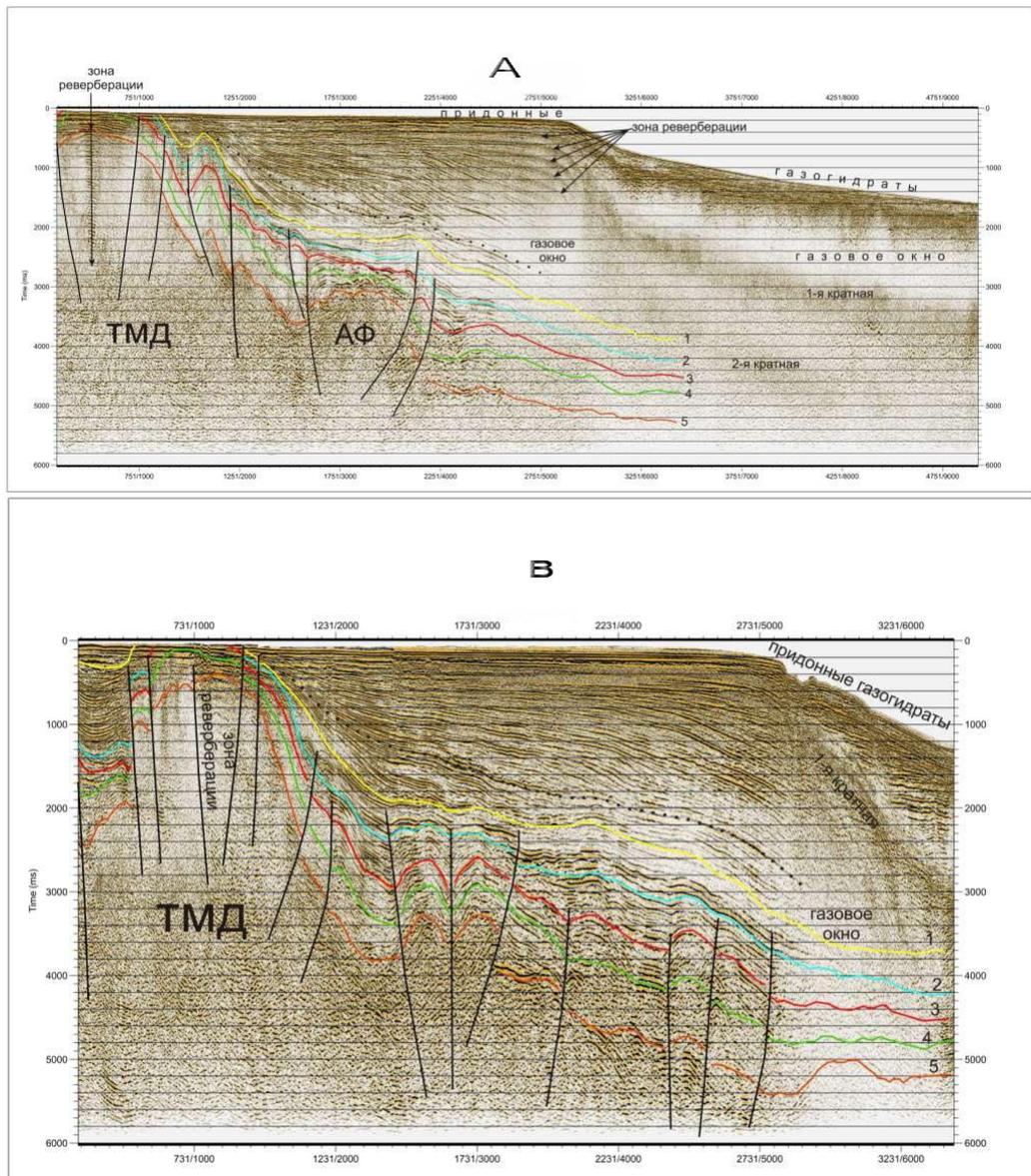


Рис. 1. Профили МОГТ ДМНГ В (вверху) и А. Вертикальный масштаб в секундах двойного пробега; горизонтальный масштаб определяется между точками SP/CDP и составляет 25 и 12,5 м соответственно.

АФ – акустический фундамент, ТМД – Трехбрятская мегадайка; границы осадочных сейсмокомплексов А-Е по данным геологической службы ДМНГ: 5 – кровля АФ (поздний мел), 4 – Е (палеоген), 3 – D (нижний–средний миоцен), 2 – С (средний–верхний миоцен), 1 – В (нутовский – верхний миоцен–нижний плиоцен), дно – граница 1 – А (помырский – нижний плиоцен–квартер). Линия черных квадратов – подошва осадочной, внешней шельф-склоновой, призмы (авт.). Черными линиями выделены разломы по данным геологической службы ДМНГ

Осадочная, внешний шельф – склоновая, призма. Завершает проградационный разрез Северо-Сахалинского бассейна мористее ТМД (рис. 1), связанный с выносами Амура до воздымания Сахалина в сахалинскую фазу складчатости и орогенеза (конец позднего плиоцена – квартал). Геологами ДМНГ призма относится к помырскому комплексу, который в [2, 8] датируют средним плиоценом (3–2 млн лет). На рис. 1 она опознается по конседиментационному раздуву (до 1,7–2,1 км) на восточном крыле Трехбратской антиклинали, клиноформам наращивания с угловым несогласием в подошве мористее и региональным наклоном осадочных слоев в батияльную впадину Дерюгина. Несогласие коррелятно ТМД, т.к. на ее южном погружении оно переходит в согласие между нутовскими и помырскими осадками (сравни также с разрезами МОГТ на стр. 175–177 в [8]). Формирование несогласия обусловлено видимо разгрузкой придонных потоков наносов с края авандельты Амура в зоне перехода от крутого склона Трехбратской антиклинали к пологому континентальному склону мористее. Т.о. шельф СВ Сахалина здесь слагают разные по возрасту осадки: нутовские к западу от ТМД и помырские восточнее. В зоне развития первых картированы фации авандельты Амура и все нефтегазоносные, частью абрадированные, структуры тектонической и/или глинисто-диапировой природы [5, 7, 8]. На внешнем шельфе и подводном склоне СВ Сахалина обычно предполагали развитие подводных конусов [2, 8 и ссылки в них]. Отметим небольшое расхождение в глубине несогласия и границы 1 на рис. 1 и отсутствие нормальных (ступенчатых) сбросов на аккумулятивном западном склоне батияльной впадины Дерюгина, которую считают рифтогенной [2, 7, 8 и мн. др.].

Газ и придонные газогидраты. На профилях МОГТ и НСП МОВ избыточную газонасыщенность кайнозойского осадочного чехла на подводных континентальных окраинах мира определяют по газовым окнам, столбам, факелам (в том числе в воде), грязевулканам и близким им по строению структурам прорыва флюидов. Здесь же обнаружены и газогидраты, фиксируемые контрастной и параллельной дну отражающей границе BSR (bottom-simulating reflector) на глубине до 300–600 м. В исследуемом районе подводной окраины СВ Сахалина газ (в основном метан) в осадках и воде, а также придонные газогидраты хорошо известны по данным газовой съемки, гидролокации и грунтоотбора, проводившихся А.И. Обжировым и его сотрудниками [6 и ссылки в ней]. Их результаты независимо подтверждают профили МОГТ ДМНГ со сложным волновым полем (рис. 1). Так, на профиле А тонкий (до 10 м) слой газогидратов залегает близ края шельфа почти сразу под дном, формируя зону реверберации сейсмического сигнала. На смежном склоне акустически контрастные газогидраты драпированы рыхлыми осадками, имеют заметно увеличенную мощность и весьма неровную, с карманами, подошву. Под ними находится крупное газовое окно, связанное с экранирующей ролью газогидратов для рассеянного, мигрирующего кверху, газа (флюидуопор). В последнем случае на него наложены «размытые» 1 и 2 кратные отражения от их кровли (см. и профиль В). С учетом других профилей МОГТ можно говорить об островном (очаговом) характере распространения придонных газогидратов близ края шельфа и на подводном склоне СВ Сахалина. Метан согласно [6 и ссылки в ней] в основном биогенный. Источником его, судя по данным МОГТ ДМНГ являются молодые выносы палеоАмура, слагающие осадочную, внешний шельф-склоновую, призму, надстраивавшуюся мористее ТМД.

Литература

1. Геологическое строение и газонефтегазоносность северной части Сахалина. Л.: Гостехиздат, 1959. 233 с.
2. Кайнозой Сахалина и его нефтегазоносность. М.: ГЕОС, 2002. 225 с.
3. Ломтев В.Л. К структурно-геоморфологической характеристике дна Охотского моря // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. 2009. №2. С. 70-81.
4. Ломтев В.Л. Новые данные о строении юга охотской окраины Курильской дуги // Там же, 2010. №1. С. 50-59.
5. Ломтев В.Л., Кононов В.Э., Агеев В.Н., Жигулев В.В. Проблемы геологии шельфа Северо-Восточного Сахалина // Структура, геодинамика и металлогения Охотского региона и прилегающих частей Северо-Западной Тихоокеанской плиты. Мат-лы междунаучного симпозиума. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2002. Т. 2. С. 79-80.
6. Николаева Н.А., Деркачев А.Н., Обжиров А.И. Характерные особенности проявлений газово-флюидных эманацій на северо-восточном склоне о-ва Сахалин (Охотское море) // Тихоокеан. геология. 2009. Т. 3. №3. С. 38-52.
7. Тектоника и углеводородный потенциал Охотского моря. Владивосток: ДВО РАН, 2004. 159 с.
8. Харахинов В.В. Нефтегазовая геология Сахалинского региона. М.: Научный мир, 2010. 275 с.

ВОЗМОЖНАЯ РОЛЬ МАНТИЙНО-КОРОВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ПРОЦЕССАХ НЕФТЕОБРАЗОВАНИЯ

С.Х. Лифшиц

Институт проблем нефти и газа СО РАН, г. Якутск, ул. Октябрьская, 1

A model for oil generation is discussed which assumes that oil is an interaction product of a dispersed organic matter of sedimentary rocks in oil window conditions (upper part of the earth's crust) and a plutonic fluid flow (lower part of the earth's crust or the upper mantle) in the supercriticality. The process is modeled experimentally using supercritical extraction of organic matter by carbon dioxide as an example.

Многие аспекты, связанные с процессами генерации нефти и аккумуляции ее в залежь остаются дискуссионными. Вероятно, это связано с тем, что процессы, ведущие к образованию нефти, рассматриваются как результат преобразования вещества в рамках одной из геосфер.

Так, согласно осадочно-миграционной концепции, образование нефтяных углеводородов идет путем катагенетического преобразования биогенного органического вещества осадочных пород, достигших главной фазы нефтеобразования в результате погружения. Чрезвычайно низкая скорость этих процессов компенсируется их длительностью, соизмеримой с масштабом геологического времени. То есть образование нефти является результатом преобразований, протекающих в верхних слоях земной коры.

В гипотезах о глубинном происхождении нефти синтез нефтяных углеводородов осуществляется из неорганических или органических соединений в верхней мантии или нижних слоях земной коры. Образовавшаяся нефть поднимается и аккумулируется в залежь в породах-коллекторах.

В существующих теориях преобразования веществ, ведущие к образованию нефти, рассматриваются в рамках системы, стремящейся к достижению термодинамического равновесия. Однако с этих позиций трудно объяснить сложный, далекий от равновесного, многокомпонентный состав нефти. Миграция нефти в залежь также требует реализации неких механизмов концентрирования рассеянных нефтяных углеводородов.

Эти и другие вопросы находят своё объяснение, если предположить, что образование нефти шло в системе, открытой по потоку энергии и вещества. Рассмотрение протекания процессов в открытой неравновесной среде позволяет предположить следующую модель нефтеобразования, согласно которой нефть является результатом взаимодействия по крайней мере двух геосфер: органического вещества осадочных пород верхних слоев земной коры в условиях главной фазы нефтеобразования и потока глубинных флюидов из нижней части земной коры и (или) мантии. Основными компонентами глубинных флюидов являются CH_4 , CO_2 , H_2 , H_2O . Метан и диоксид углерода в условиях главной фазы нефтеобразования находятся в сверхкритическом состоянии, вода и водород легко растворяются в сверхкритических средах. То есть можно предположить, что в осадочные породы в условиях главной фазы нефтеобразования внедряются глубинные флюиды, находящиеся в сверхкритическом состоянии. Благодаря своей сверхтекучести они полностью или частично пронизывают осадочные породы, растворяя органические вещества и увлекая их в микропоры и микротрещины нефтематеринских пород. В некоторых случаях деформационные напряжения могут оказаться столь велики, что это приведет к инициации механохимических реакций, сопровождающихся разрывом С-С связей. В результате протекания механохимических реакций образуются более низкомолекулярные соединения. Образование этана и особенно пропана, которые в этих условиях также находятся в сверхкритическом состоянии, многократно увеличивает растворяющую способность сверхкритического флюида. Таким образом, флюид будет захватывать все большее количество разнообразных органических соединений, включая смолы и асфальтены. То есть можно ожидать самоускорения процессов растворения и преобразования высокомолекулярных органических соединений по принципу реализации положительных обратных связей. Кроме того, частицы породы могут одновременно служить катализаторами протекающих на их поверхности преобразований. Развитая за счет микротрещин и микропор поверхность пород имеет фрактальную размерность, что также будет способствовать реализации положительных регуляторных обратных связей. Таким образом, поток сверхкритического флюида способен растворять, трансформировать и концентрировать нефтеподобные органические вещества, выносить их сквозь материнские породы по породам-проводникам в коллектора, где вследствие падения давления будет осуществляться разгрузка сверхкритического флюида с выделением фазы жидкой нефти и газовой фазы. Согласно предлагаемой модели на тип образующейся нефти должны влиять как состав органического вещества, характерного для определенных фациально-генетических условий формирования осадочного бассейна, так и состав глубинного флюида. Достаточно мягкое механохимическое преобразование органического вещества позволяет сохраниться генетическим связям в составе и структуре органического вещества осадочных пород и образующейся нефти. Т.е. в рамках рассматриваемой модели нефтеобразования сложный и неравновесный состав нефти, миграция ее в залежь находят своё объяснение. Таким образом,

процесс генезиса нефти можно представить в виде возникновения самоорганизующейся диссипативной системы в открытой неравновесной среде с образованием на стоке стационарной структуры – газонефтяной залежи. Реализация положительных обратных связей в процессе нефтеобразования позволяет предположить очень высокие скорости ее генерации, в масштабах реального времени.

Для проверки высказанной гипотезы были проведены эксперименты по сверхкритической экстракции диоксидом углерода. Диоксид углерода был выбран вследствие того, что он является одним из основных компонентов глубинных газов, не горюч и не взрывоопасен. В экспериментах по сверхкритической экстракции породы (битуминозного известняка) было показано, что сверхкритический CO_2 способен растворять, переносить и аккумулировать нефтеподобные

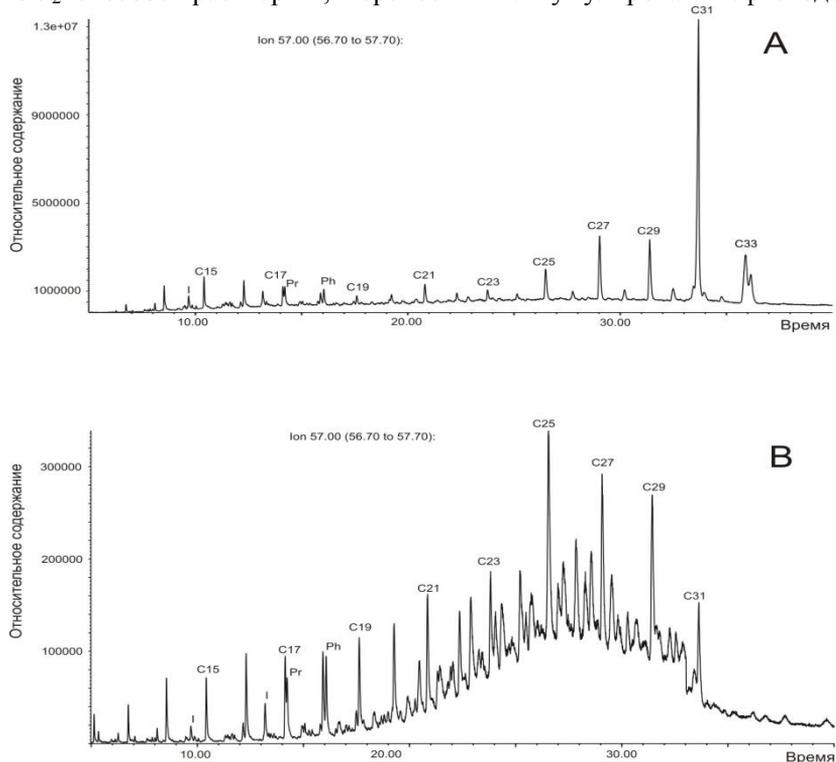


Рис. 1. Масс-фрагментограммы (m/z 57) алкановых углеводородов хлороформенного (А) и сверхкритического (В) экстрактов почвы. $\text{C}_{15} \div \text{C}_{33}$ – нормальные алканы, Pr – пристан, Ph – фитан, i – изопреноиды

органические соединения. При этом для диоксида углерода, находящегося в сверхкритическом состоянии, характерно преимущественное растворение и перенос углеводородной фракции органического вещества, включая реликтовые углеводороды. Отобранная для эксперимента порода уже претерпела диа- и катагенетические преобразования, характерные для осадочных пород в процессах их погружения. Вследствие этого, механохимические преобразования, которые могут протекать в микропорах и микротрещинах осадочных пород в процессе сверхкритической экстракции, менее выражены.

Для изучения возможных процессов преобразования органического вещества был поставлен эксперимент по сверхкритической экстракции почвенного образца, поскольку почвы характеризуются наличием в их составе незрелого, не преобразованного органического вещества, что проявляется в их структурно-групповом, групповом компонентном составе и распределении индивидуальных углеводов. На рис. 1 представлены масс-фрагменто-граммы (m/z 57) углеводородных фракций хлороформенного и сверхкритического экстрактов образцов супесчаной почвы. Видно, что углеводородная фракция сверхкритического экстракта в сравнении с хлороформенным претерпела заметные преобразования. Распределение индивидуальных углеводов в ней стало близко к таковому для почв, загрязненных нефтью. Так соотношение нечетных нормальных алканов к четным в сверхкритическом экстракте равно 1,5 против 5,2 в хлороформенном экстракте. В два раза (0,32%) по сравнению с хлороформенным экстрактом (0,15%) выше отношение относительно низкомолекулярных n -алканов к высокомолекулярным ($\Sigma n.k.-nC_{20}/\Sigma nC_{21}-k.k.$). Изоалканов в сверхкритическом экстракте (43,00%) почти в 8 раз больше, чем в хлороформенном (5,5%). Максимум n -алканов переместился с высокомолекулярной области C_{31} в среднемолекулярную C_{25} .

Как видно, результаты экспериментов по сверхкритической экстракции свидетельствуют о том, что данный процесс может сопровождаться изменениями в составе, структуре и распределении индивидуальных углеводов, и эти изменения идут в направлении геохимического созревания органического вещества. То есть для преобразования органического вещества вовсе не требуются миллионы лет, эти процессы могут идти очень быстро в потоке сверхкритического флюида. С этих позиций осадочные породы с рассеянным органическим веществом, достигшие в процессах погружения главной фазы нефтеобразования (верхняя часть земной коры), можно рассматривать как природный механохимический реактор, который запускается на производство нефти потоком глубинных флюидов (продукты нижней части земной коры или верхней мантии), находящихся в сверхкритическом состоянии.

ПОКМАРКИ ЧУКОТСКОГО МОРЯ

**Е.А. Логвина¹, Т.В. Матвеева¹, Д.А. Коршунов¹, В.А. Гладыш¹,
А.А. Босин², Г.А. Черкашев¹, К. Крэйн³, Т. Уитледж⁴**

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт геологии и минеральных ресурсов Мирового океана им. академика И.С. Грамберга, ФГУП «ВНИИОкеангеология им. И.С. Грамберга», 190121, Санкт-Петербург, Английский пр., 1

² Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, 690041 Владивосток, ул. Балтийская, 43

³ NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) Национальное Управление по Океанам и атмосфере, США

⁴ Университет шт. Аляска г. Фэрбенкс, Фэрбенкс, США; e-mail: Liza_Logvina@mail.ru

In the framework of RUSALCA (RUSsian-American Long term Census of the Arctic) Project in 2009 pockmark structures were investigated with a sedimentological and geochemical analyses for the first time. The feature that distinguishes the sediments recovered

from the pockmarks from those accumulated at “normal” marine environment is the presence of brecciated sedimentary structures. It should be noted that contrary to our expectations, no evidence of gas presence in the recovered sediments was observed.

Поле покмарков в глубоководной части Чукотского плато было обнаружено специалистами геологической службы США (*USGS*) в ходе съемки многолучевым эхолотом с ледокола «*Healy*» в 2003 г. [Mayer et al., 2008]. По геофизическим данным, покмарки, расположенные на глубинах воды 570–680 м, выделяются в рельефе как воронкообразные углубления (до 50 м) диаметром 300–400 м и имеют связь с разрывными нарушениями в верхней части осадочного чехла. Поскольку происхождение покмарков обычно связывают с фокусированной разгрузкой газонасыщенной воды и/или нефти [Judd & Hovland, 2007], изучение их геолого-геофизическими методами стало одной из ключевых задач экспедиционных работ проводившихся в рамках российско-американской долгосрочной программы «Русалка» по мониторингу Арктики на НИС «Профессор Хромов» в 2009 году. Следует отметить, что ранее геологического опробования покмарков не проводилось в связи со сложной ледовой обстановкой в этом районе.

Проведенные геофизические исследования включали площадную съемку морского дна с использованием глубоководного гидроакустического комплекса «SONIC-3М», включающего гидролокатор бокового обзора (ГБО) и придонный профилограф. Грунтовый проботбор был выполнен при помощи 3-метровой гидравлической трубы на 8 станциях, семь из которых, были отобраны в пределах трех покмарков и одна – фоновая.

Гидроакустические аномалии, вызванные различной интенсивностью величины обратного рассеяния, и выраженные на записи ГБО в виде светлых и темных пятен, позволили выделить более 20 структур на дне, представляющих собой округлые депрессии от 150 до 850 м в диаметре. На записи придонного профилографа выявленные структуры представлены конусовидными углублениями с глубинами 40–50 м в их центральных частях. Сравнение данных, полученных американскими учеными в ходе съемки многолучевым эхолотом, с результатами съемки ГБО, показало хорошую корреляцию полученных материалов. Характерных аномалий, связанных с разгрузкой свободного газа в приповерхностных отложениях, на геофизических записях отмечено не было.

На основании геофизической съемки для геологического опробования были выбраны три крупных покмарка. Вскрытые на них отложения были представлены полосчатыми вязкими с однородной структурой пелитами с алевроитовой примесью (до 20 %) различных цветов. Чередование слоев коричневого и оливково-зеленого цветов, наблюдаемое во всех изученных кернах, свидетельствует о смене периодов оледенения и межледниковья [Белов, Лапина, 1961], что является характерным для отложений арктических морей. Следует отметить, что вскрытые отложения не обнаружили ожидаемых и характерных для покмарков признаков разгрузки газа, таких как газонасыщенность отложений, наличие восстановленных осадков, запаха сероводорода.

Особенностью отложений являлось наличие отдельных прослоев брекчиеподобных осадков, представленных матриксом алевропелитовой размерности с уплотненными глинистыми включениями и обломками пород размером до 1 см. Брекчиевидные прослои различной мощности обнаружены на поддонных глубинах 35–45 см, 50–75 и 30–83 см.

Описанная структура осадочных отложений напоминает грязевулканические (сопочные) брекчии [Ахманов, 1999], что позволяет предположить взаимосвязь исследованных депрессий с грязевулканической деятельностью. В частности, описанные брекчиевидные прослои могли быть результатом излияния грязевых потоков. Полученные литологические материалы показывают, что если изученные структуры и являются результатом разгрузки газосодержащих флюидов (каковыми могут являться продукты грязевулканической деятельности или газонасыщенная вода), то эти процессы могли иметь место в прошлом. Наличие в изученном разрезе отложений, накопленных в ходе нормальной седиментации, показывает отсутствие процессов миграции флюидов в пределах данных структур в настоящее время. Для выявления природы исследованных покмарков и установления периода их активности в настоящее время проводятся дополнительные петрографические, геохимические и изотопные исследования.

В результате проведенных исследований впервые опробован и исследован район распространения покмарков в глубоководной части Чукотского плато. Наличие брекчиеподобных структур отложений, характерных для грязевых вулканов, по всей видимости свидетельствует о взаимосвязи исследованных структур с грязевулканической деятельностью, что, в свою очередь, предполагает миграцию углеводородсодержащих флюидов из глубинных залежей в прошлом.

Литература

Ахманов Г.Г. Литология грязевулканических отложений Восточного Средиземноморья // Кандидатская диссертация. М.: МГУ, 1999. 215 с.

Белов Н.А., Лапина Н.Н. Донные отложения Арктического бассейна. Л., Морской транспорт, 1961. 152 с.

Judd A. and Hovland M. Seabed Fluid Flow, the impact on geology, biology and the marine environment. Cambridge University Press, 2007. 475 p.

Mayer L.A., Brunley K., Andronikov A., Chayes D.N., Armstrong A.A., Calder B., Hall J.K., Clyde W.C., Bothner W.A., Gardner J.V. Resent Mapping and Sampling on the Chukchi Borderland and Alpha/Medelev Ridge, Eos Trans. AGU, 89(53), Fall Meet. Suppl., 2008. abstract C11C-0516.

К СТРОЕНИЮ И ГАЗОНОСНОСТИ ОСАДОЧНОГО КАЙНОЗОЯ НА ЗАПАДНОМ БОРТУ ТАТАРСКОГО ТРОГА (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

В.Л. Ломтев¹, К.Ю. Торгашов²

¹Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск

²ОАО «Дальморнефтегеофизика», Южно-Сахалинск

On CDP profiles of JSC DMNG along western side of Northern Tatarsky trough (Sea of Japan) found speed “gas field“ type anomalies, breakout fluid structures, partly similar to mud volcanoes, numerous gas windows and columns in Paleogene (marginal buried trough of fold Sikhote-Alin) and Neogene (zone of regional wedge-out) deposits of common thick >4-5 km (?). This is gas- and possibly oil perspective zone restrict from west a frontal thrust or upthrow-thrust of Cretaceous rocks to east.

Строение Татарского трога, особенно его северной, мелководной части, изучается более 50 лет. К 1988 г. на его сахалинском шельфе пробурено 11 скважин и 2 на о-ве Монерон, открыта мелкая Изильметьевская залежь газа (Северо-Татарский нефтегазоносный бассейн [6]). Эти результаты связаны с отсутствием коллекторов в депоцентре неогенового краевого бассейна, дальним (> 50 км от Сихотэ-Алиня) транзитом терригенных осадков по пологому (до 1 м/км) дну [4], удревнению (до олигоцена) трога и смежного Камышевого инверсионного моноклиория Сахалина как области сноса, хотя встречные клиноформы в верхах дерюгинского, позднеплиоцен-четвертичного сейсмокомплекса надежно фиксируют их молодой, заведомо четвертичный, возраст (коррелятная толща). Выбор термина «трог» вместо более распространенного «рифт» вытекает из разного строения бортов, включая широтную асимметрию по осадочному неогену, абразионный сахалинский и аккумуля-

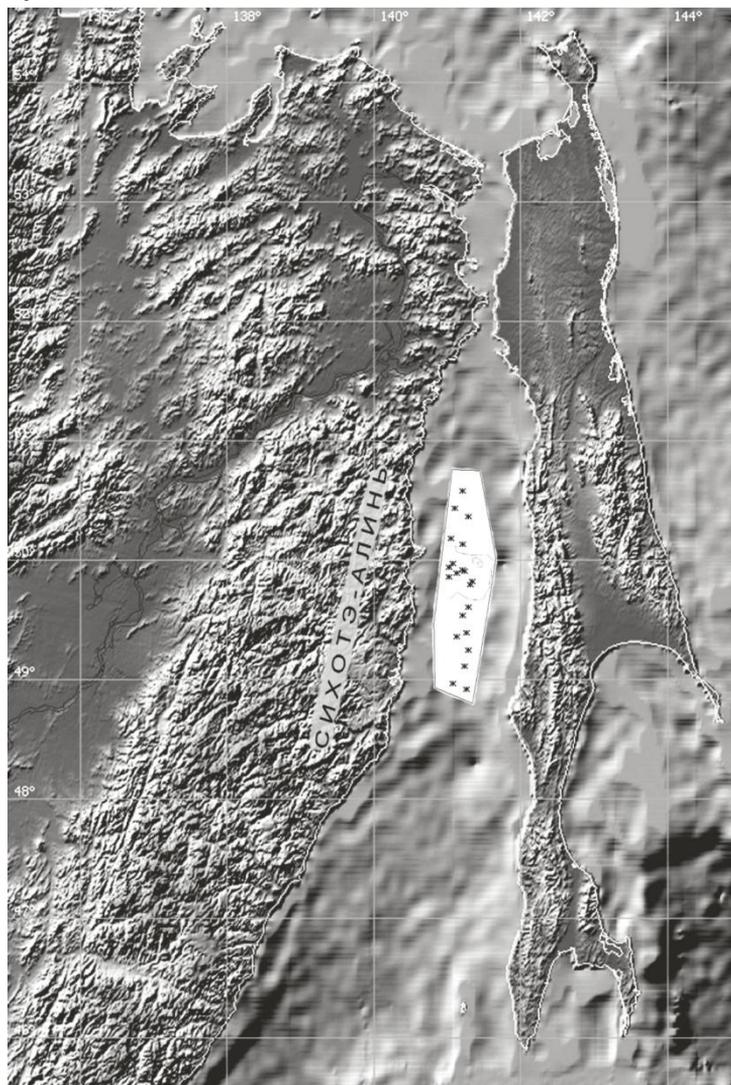


Рис. 1. Карта АТЗ и структур прорыва флюидов на западном борту Татарского трога. Топооснова карты – http://tsun.ssec.ru/tsu_lab (Новосибирск)

лятивный материковый шельфы, диагональные полуантиклинали СЗ простирания только на первом, где они нередко сопряжены с надвигами и взбросами восточного падения, входящими в мегадуплекс Западно-Сахалинского вдольберегового разлома. В капитальной сводке [3] вместо переноса нефтегазопромысловых работ на коллектора зоны выклинивания отложений неогена и палеогена (сергеевский комплекс) на западном борту трога по прежнему рекомендуют сахалинский шельф. При интерпретации данных МОГТ не были отмечены, особенно в полосе протяженностью 220 и шириной 50 км (рис. 1), многочисленные газовые окна и столбы (газопроявления), аномалии типа «залежь» (АТЗ), структуры прорыва флюидов, сходные по строению с грязевулканами, часто завышенная (>2 с) для зоны выклинивания мощность отложений палеогена и заглупление кровли акустического фундамента, сложенного породами мела [3, 6], с выходом за пределы сейсмозаписи [2, 4, 5]. Впервые газопроявления и АТЗ на профилях МОГТ ДМНГ обнаружены в

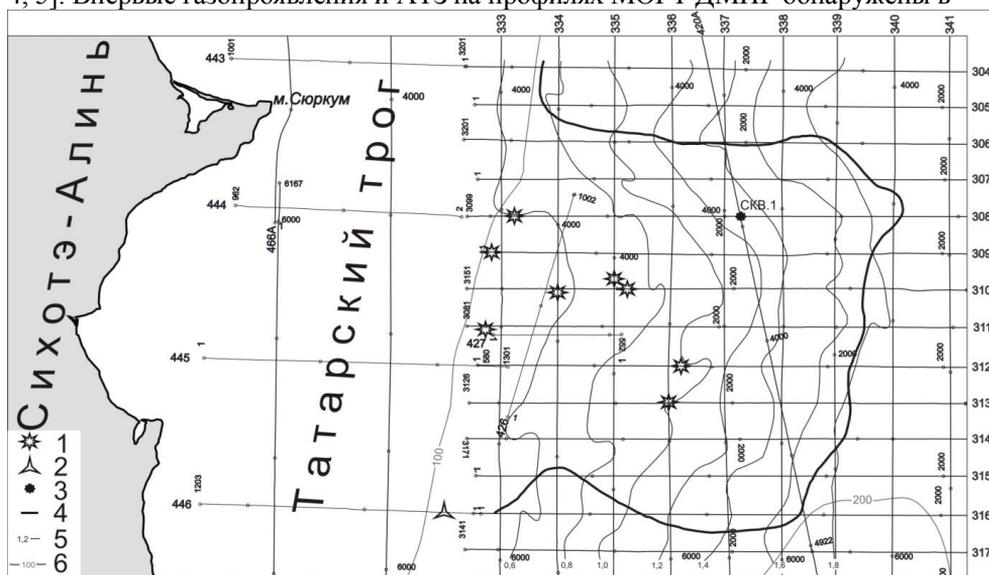


Рис. 2. Карта погребенного Сюркумского выступа с профилями МОГТ ДМНГ [2, 5]:
 1 – АТЗ, 2 – структура прорыва флюидов, 3 – Сюркумская параметрическая скв. 1, 4 – контур выступа, 5 – изохроны кровли выступа в секундах двойного пробега по Г.Ф. Балабко и др., 6 – изобаты в метрах

1987 г. на погребенном Сюркумском выступе площадью 1600 км² (прибрежная газовая банка в отложениях миоцена и палеогена [5]) при подготовке рекомендации на бурение одноименной параметрической скв. 1 [2].

Газовые окна и столбы или газопроявления известны в сейсморазведке МОВ более 50 лет и на профилях МОГТ и НСП выделяются по перерыву или заметному ослаблению сейсмозаписи, связанному с избыточной (~5–30 %) газонасыщенностью осадочного разреза [1]. На западном борту Татарского трога они распространены широко, особенно в полосе на рис. 1, и обнаружены в отложениях палеогена, неогена и квартера и местами достигают дна [5]. Основным источником газа видимо являются отложения палеогена значительной ($>4-5$ км), хотя и не установленной мощности.

Аномалии типа «залежь» (АТЗ) вызваны заметным снижением скорости распространения продольных волн в продуктивных, особенно газовых, пластах (до 30 % [1, 5]). Для центра залежи, например, Чайвинской (шельф СВ Сахалина) характерен ложный провал отражающих границ, включая низы покрывки, а на ее периферии – их ложное выполаживание (трапеция или минигайот). Поперечники АТЗ и залежей в Северо-Сахалинском нефтегазоносном бассейне по В.Э. Кононову соотносятся как 1:3 [1]. Известны и другие признаки залежей углеводородов на профилях МОГТ [5]. На западном борту Татарского трога картированы около двух десятков АТЗ обеих типов (рис. 1). Их диаметр достигает 0,8–2,5 км. Вместе с газопроявлениями и структурами прорыва флюидов они образуют полосу протяженностью 220 и шириной 50 км (рис. 1), параллельную складчатому Сихотэ-Алиню, где намечается депоцентр(?) погребенного и частью инверсированного палеогенового краевого прогиба [5].

Структуры прорыва флюидов на западе Татарского пролива впервые описаны в [2]. Это вертикальные, сложно построенные зоны перерыва отражающих границ в кайнозойском чехле, сходные по строению и вероятно генезису с грязевулканами, в том числе сахалинскими [5]. Их образование обычно связывают с крупными надвигами или взбросо-надвигами, имеющими зоны аномально высокого пластового давления, газоводонасыщения и разуплотнения глинистого разреза (сопочная брекчия) в лежащем крыле [1, 5]. Следовательно, структуры прорыва флюидов позволяют наметить положение фронтального, вероятно преднеогенового, надвига или взбросо-надвига Сихотэ-Алиня на внутреннем материковом шельфе. Разлом четко выделяется в аномальном гравитационном поле [3], имеет западное падение и является региональным экраном, по крайней мере, для углеводородов и сопочной брекчии в палеогеновой части разреза [5].

Таким образом, на западном борту северной, мелководной части Татарского трога по данным МОГТ ДМНГ закартирована газо- и возможно нефтеперспективная зона в отложениях неогена и палеогена, по размерам близкая Северо-Сахалинскому нефтегазоносному бассейну. Крупнейшей структурной ловушкой углеводородов является погребенный Сюркумский выступ мористее одноименного мыса.

Данная работа поддержана грантом РФФИ – Дальний Восток №09-05-98577.

Литература

1. Возможности метода непрерывного сейсмического профилирования (НСП) при нефтегазопроисловых исследованиях / В.Л. Ломтев и др. // Геодинамика, геология и нефтегазоносность осадочных бассейнов Дальнего Востока России. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2004. Т. 1. С. 107-119.
2. Геолого-геофизическое обоснование на бурение Сюркумской параметрической скважины №1 / В.Л. Ломтев и др. Южно-Сахалинск: трест ДМНГ, 1987. 6 с.
3. Геология, геодинамика и перспективы нефтегазоносности осадочных бассейнов Татарского пролива. Владивосток: Дальнаука, 2004. 220 с.
4. Ломтев В.Л., Кругляк В.Ф., Савицкий В.О. Геологическое строение, история геологического развития и направление нефтепоисковых работ в северной части Татарского пролива // Геология и стратиграфия кайнозойских отложений Северо-Западной Пацифики. Владивосток: ДВО АН СССР, 1991. С. 63-69.
5. Ломтев В.Л., Торгаишов К.Ю., Патрикеев В.Н. Признаки газосносности западного борта Татарского трога (Японское море) // Вестник ДВО РАН, 2008. №6. С. 63-71.
6. Северо-Татарский нефтегазоносный бассейн / Ю.А. Тронов и др. // Тихоок. геология, 1987. №6. С. 45-49.

ДЕГАЗАЦИЯ ЗЕМЛИ И УГЛЕВОДОРОДНЫЕ ГАЗОВЫЕ ГИДРАТЫ

В.Ф. Лузин, В.А. Бычинский, Н.Г. Коновалова

Hydrated gas widely spread in Earth's crust and there is widely thermal and pressure range of formation. There fore, in scheme vertical zonation fluid and gas hydrocarbons to propose distinguish of zone hydrocarbon gas-gydrate.

Газогидраты выявлены почти на 50 площадях мира. По некоторым оценкам 98 % ресурсов газогидратов присутствуют на морских континентальных окраинах и 2% – в районах вечной мерзлоты на суше. Данные исследований арктических газовых гидратов показывают, что в регионах вечной мерзлоты они могут существовать на глубинах от 130 до 2000 м от поверхности [1]. Примерно 10 % площади мирового океана являются потенциально газогидратоносными. Присутствие газогидратов на морских континентальных окраинах было установлено по аномальным сейсмическим отражающим горизонтам (bottom-simulating reflectors – BSR), отождествляемым с подошвой гидратоносных отложений на глубинах от 100 до 1100 м от морского дна. Глубоководным бурением газогидраты были вскрыты юго-восточнее и западнее США, вблизи Канады, Перу, Коста-Рики, Гватемалы и Мексики, у берегов Японии, в Мексиканском заливе. Они обнаружены также в Средиземном, Черном, Каспийском, Южно-Китайском морях, у берегов Калифорнии, Южной Кореи, Индии и в других местах [3, 6–8].

Природные газовые гидраты не только образуют скопления и газогидратные залежи на суше и под дном морей, но способны существовать в рассеянном состоянии. Отечественными исследователями была дана оценка мировых ресурсов газа в земной коре: в газогидратном состоянии количество газа составляет 1,0–20 тыс. трлн м³, основная часть газогидратов сосредоточена на шельфе морей. По данным ВНИИГАЗ, ресурсы природного газа в гидратах континентальной и шельфовой областях России оцениваются в 100–1000 трлн м³, причём на континентальной части России этих ресурсов не более 100 трлн м³. Оценки различных специалистов относительно мировых ресурсов газовых гидратов даны в статьях [4].

Выявление действительной роли гидратов газов в природных процессах и определение закономерностей их формирования и распространения имеет фундаментальное значение для геологической науки в целом. Обнаружение газогидратов вне зоны их экспериментально установленной стабильности расширяет термобарические и геохимические условия устойчивого существования гидратов газа определенного состава. Точное определение термодинамических границ гидратосферы возможно на основе физико-химического моделирования. Известные термодинамические условия образования гидратов характеризуются широким диапазоном – температура изменяется от 50 до 350 К при давлении от 2 Па до 1,7 ГПа [2].

Широкая встречаемость углеводородных газовых гидратов в акваториях Мирового океана, внутриконтинентальных морей и других водоёмов, а также значительное вертикальное развитие в толще земной коры и широкий термобарический диапазон образования газогидратов указывают на общепланетарное их распространение на Земле. Поэтому на схеме вертикальной зональности жидких и газообразных углеводородов Н.Б. Вассоевича целесообразно выделить зону углеводородных газогидратов, а их образование в ней фазой углеводородных кри-

сталлогидратов. Верхняя граница распространения в высоких широтах выходит на земную поверхность. В направлении экватора она погружается на глубину и соответственно поднимается к земной поверхности в направлении от экватора к южному полюсу. На её положение влияет климатическая зональность, время года и распределение водных бассейнов и континентов на поверхности Земли.

Положение нижней границы наиболее уверенно установлено в Мировом океане, внутриконтинентальных морях и крупных водоёмах. На континентах положение нижней границы определяется термобарическими условиями, наличием углеводородных газов и воды. В северных широтах, где развита многолетняя мерзлота, зона твёрдой фазы углеводородов расширяется вплоть до образования промышленных скоплений. Образование твёрдых углеводородных кристаллогидратов сопровождается дифференциацией. Явления дифференциации и образование зоны газогидратов искажает первичный состав ореолов рассеивания газов над залежами, искажает их структуру и затрудняет интерпретацию результатов прямых геохимических поисков. Таким образом, газогидратный слой является гидродинамическим и геохимическим барьером на пути миграции углеводородов. Заметим, что изучение процессов природного образования газогидратов – ведущее направление современных климатических, геохимических и геологических исследований [1]. Методология этих работ складывается из глубокого теоретического анализа геолого-геохимических данных и физико-химических моделей, достоверность которых определяется сопоставлением с природными наблюдениями и экспериментальными исследованиями.

Работа выполнена при поддержке Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009-2013 годы» № П1400.

Литература

Бычинский В.А. Гидрогеология нефти и газа / В.А. Бычинский, Н.Г. Коновалова. Иркутск: Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2008. 221 с.

Голубев В.А. Геотермический прогноз глубин нижней границы газогидратного слоя в донных отложениях озера Байкал // Докл. РАН. 1997. Т. 352, № 5. С. 652-655.

Дмитриевский А.Н. Газогидраты морей и океанов – источник углеводородов будущего / А. Н. Дмитриевский, И.Е. Баланюк. М.: ООО ИРЦ Газпром, 2009. С. 236-237.

Макогон Ю.Ф. Природные газовые гидраты: распространение, модели образования, ресурсы // Рос. Химический журнал. 2003. Т. XLVII, №3. С. 70-79.

Carroll J. Natural gas hydrates. A guide for engineers / J. Carroll. Butterworth-Heinemann, 2002. 288 с.

Max M.D. Natural gas hydrate in oceanic and permafrost environment. Springer-Verlag, 2003. 428 p.

Sloan E.D., Jr. Clathrate hydrates of natural gases / E.D. Sloan. Second ed. N.Y.: Marcel Dekker Inc., 1997. 705 p.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ И ГЛУБИН ОБРАЗОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ

А.В. Любчак, Ю.В. Хоха, В.Н. Храмов

79053, Львов-53, ул. Наукова 3-а, Украина,
Институт геологии и геохимии горючих ископаемых НАН Украины

Thermodynamic methods for content determination were assessed through critical analysis based on temperature and pressure. Methods for determination of the depth of generation of natural gases using the technique of equilibrium constants of independent reaction, that are founded on created semi-empirical equation of state, were proposed.

В физической химии на практике используются два термодинамических метода определения состава любой равновесной системы по температуре и давлению: констант равновесия независимых реакций и минимизации энергии Гиббса. Первый, формально, является наиболее правильным, при условии корректного построения уравнений реакций. Его ограничение – невозможность составления адекватного набора уравнений для систем с содержанием большого количества компонентов. Второй метод, благодаря своей гибкости и возможности определять равновесный состав гетерогенных систем, в последние годы приобрел широкую популярность [1]. В настоящее время практически все научное программное обеспечение базируется на нем (например – СЕЛЕКТОР-С, UNITHERM, SUPCRT92, HCh).

По нашему мнению, основная объективная проблема всех вышеупомянутых методик состоит в несовершенстве определения активности индивидуальных химических соединений при условиях высоких и сверхвысоких давлений и температур. Поскольку апробированной модели неидеальной смеси для условий земной коры и верхней мантии на данный момент не существует, авторами она не рассматривается.

Современные программные комплексы при расчете активности используют для неионизированных соединений уравнение теплоемкости с разного рода коррекциями, например по модифицированной формуле Пенга-Робинсона. Оценка погрешности при определении коэффициентов активности детально рассматривалась в работе Карпова и др. [2]. Проверкой установлено, что, в зависимости от использованного уравнения состояния и модели неидеальной смеси, погрешность логарифма фугитивности газа возрастает с увеличением давления, достигая 30 % при давлениях больших 3000 МПа.

В работе, учитывая простоту выбранной системы, использован метод констант равновесия независимых реакций [3]. Для определения активности нами предложено полуэмпирическое уравнение состояния [4]. Расчеты показали высокую точность предложенного уравнения состояния, особенно для области приведенной температуры $T_R > 1$ в широком диапазоне давлений и $T_R < 1$ при высоких и сверхвысоких давлениях [5]. Проверка по известным данным для индивидуальных веществ показывает, что погрешность для давлений больших, чем 100 МПа (для некоторых веществ сравнение проводилось до 25000 МПа) не превышала 18 %. Это позволяет ощутимо уменьшить общую погрешность в расчетах.

Нами поставлена цель определить термодинамические условия и глубину образования природных смесей исходя из их состава. Рассмотренные системы со-

стоят из углеводородов и неорганических балластных газов. Расчет проводится для температур и давлений, которые реализуются в земной коре и верхней мантии. Описанная система с большой степенью приближения отвечает природному газу (ПГ) и состоит из 12 компонентов – 8 алканов (от метана по пентан, включительно с изомерами), азот, углекислый газ, гелий и сероводород.

Определение глубины образования ПГ включает в себя 3 этапа:

Этап I. Проводится оценка входных данных химического состава ПГ относительно возможности провести расчеты. Все данные делятся на две группы: удовлетворительные (можно проводить расчеты) и неудовлетворительные. Остановимся на толковании неудовлетворительных данных, которые в свою очередь можно поделить на такие, которые невозможно использовать и те, что подлежат коррекции.

Исходные и приведенные к 100 % данные по компонентному составу:

	исходные	92,13	3,63	0,84	0,19	0,03	2,11	0,03	0,07	0	99,03	Сумма:
	приведенные	92,985	3,664	0,898	0,192	0,030	2,130	0,030	0,071	0	100	

	T, К	P, МПа	C ₁ H ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₅ H ₁₂	CO ₂	N ₂	He	H ₂ S	h, км
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
I	1600	2370	95,530	1,671	0,498	0,092	0,010	2,097	0,030	0,070	0,000	78
	1700	2770	94,623	2,131	0,818	0,186	0,025	2,112	0,030	0,070	0,000	91
	1800	3200	93,369	2,665	1,301	0,358	0,057	2,135	0,030	0,071	0,000	103
	1900	3700	91,530	3,303	2,042	0,678	0,129	2,171	0,031	0,072	0,000	118
	2000	4220	89,042	3,986	3,054	1,204	0,264	2,226	0,032	0,074	0,000	135
	2100	4800	85,458	4,749	4,448	2,070	0,530	2,313	0,033	0,077	0,000	153
II	1500	2775	95,237	1,836	0,593	0,118	0,013	2,102	0,030	0,070	0,000	89
	1600	3303	93,882	2,458	1,105	0,280	0,040	2,125	0,030	0,070	0,000	106
	1700	3828	91,954	3,171	1,880	0,595	0,104	2,162	0,031	0,072	0,000	122
	1800	4400	89,049	3,989	3,079	1,198	0,252	2,224	0,032	0,074	0,000	139
	1900	5050	84,652	4,871	4,843	2,290	0,575	2,332	0,033	0,077	0,000	158
III	1300	2555	96,066	1,378	0,317	0,048	0,004	2,088	0,030	0,069	0,000	84
	1400	3040	95,077	1,929	0,645	0,129	0,014	2,104	0,030	0,070	0,000	99
	1500	3580	93,532	2,624	1,232	0,324	0,046	2,131	0,030	0,071	0,000	111
	1600	4235	90,777	3,552	2,381	0,809	0,147	2,186	0,031	0,073	0,000	134
	1700	4885	86,710	4,550	4,074	1,733	0,381	2,277	0,032	0,076	0,000	153
	1800	5600	80,514	5,573	6,527	3,400	0,886	2,435	0,035	0,081	0,000	175

Точка совпадения концентраций

Рис. 1. Вывод результатов расчета на лист Excel

Этап III. На этом этапе проводилась интерпретация результатов расчетов.

1. Для каждого отдельного компонента заданного химического состава подбираем соответствующие пары температура-давление-глубина РТ/г, обозначенные на рисунке как "точка совпадения концентраций". Делая проекцию на столбцы 1, 2 и 12, мы определяем значение РТ/г для каждого отдельного компонента.

2. Принимая во внимание ранее определенные значения РТ/г для отдельных компонентов, устанавливаем интервал РТ/г для всей смеси ПГ.

3. Получив массив значений РТ/г ПГ для пяти геобаротермических зон, выводим среднее значение глубины образования ПГ заданного химического состава.

Итак, скорректировать можно данные, сумма компонентов которых не совпадает с 100 % менее чем на 4 %. В ином случае полученные в расчете равновесные со-

ставы имеют существенные расхождения с экспериментальными. В случаях расхождений меньше 4 % входные данные сводятся до 100 % стандартным методом.

Также коррекции подвергаются значения составов ПГ, для которых в литературе отдельно рассматриваются изо- и нормальная формы бутана и пентана. Указанные соединения учитываются нами в виде суммы всех изомерных форм как для C_4H_{10} , так и для C_5H_{12} , что связано со сложностью определения коэффициентов уравнения состояния для изомерных форм алканов, которые отличаются от нормальной. Термодинамические особенности изомерных форм бутана и пентана учитывались в изобарно-изотермическом потенциале при стандартном давлении.

Не подлежит коррекции нарушение тенденции уменьшения концентрации углеводородов вдоль гомологического ряда (например – более тяжелых гомологов больше чем легких, или более легкий отсутствует, при наличии более тяжелого). Для таких составов расчеты не проводились.

Также не проводился расчет месторождений или горизонтов, для которых имеющиеся данные по углеводородам ограничивались метаном. Алгебраические особенности составленных систем уравнений не позволяют рассчитывать подобные системы из-за отсутствия решения.

Этап II. На втором этапе выполняются расчеты 5-ти геобаротермических зон (слабо- и сильнопрогретой и 3-х промежуточных). На рисунке 1 нами показаны фрагменты 3 зон для ограничения размера рисунка с сохранением его показателности. Расчет проведен для продуктивного горизонта А-8 Машивского газоконденсатного месторождения, Машивско-Шебелинского района, восточного нефтегазоносного региона Украины.

Результат расчета выводится на лист Excel и представляет собой таблицу (для удобства на рисунке количество строк уменьшено, некоторые столбцы с контрольной информацией не показаны). Входные данные по химическому составу месторождения и результат перерасчета до 100 % приведены в верхней части рисунка.

Литература

1. Карпов И.К. Физико-химическое моделирование на ЭВМ в геохимии. Новосибирск: Наука, 1981. 247 с.
2. Карпов И.К., Зубков В.С., Бычинский В.А., Артименко М.В. Детонация в мантийных потоках тяжелых углеводородов // Геология и геофизика. 1998. № 6. С. 754-762.
3. Любчак О.В. Термобаричні умовини утворення природних газів в надрах Землі / Геологія геохімія горючих копалин. – 2009. – №1 – С.18-25.
4. Любчак А.В., Хоха Ю.В. Термобарические условия образования алканов (C_1-C_{20}) в земной коре и верхней мантии // Материалы Всероссийской конференции "Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть, газ и их парагенезы". М.: ГЕОС, 2008. С. 300-303.
5. Брик Д.В., Стефаник Ю.В., Хоха Ю.В., Любчак О.В. Теоретичні основи розрахунку геотехнологічних процесів вилучення паливно-енергетичних ресурсів з надр Землі / Уг-леХимический журнал. 2007. №3–4. С. 64-70.

О СОСТАВЕ ИСТОЧНИКА ВЕЩЕСТВА НЕФТИ

В.П. Макаров

Российский государственный геологоразведочный университет, г. Москва

Для решения задачи об источнике рассмотрены различные свойства нефти. Оказалось, что по физическим свойствам все нефти имеют один и тот же источник, состав которого отражается компонентами $C_{10,60}H_{14,39}$ и $C_{44,66}H_{85,03}$. Ранее этот источник назывался пранефтью, или микронефтью.

Считается, что истоки современных представлений о происхождении нефти возникли в XVIII – начале XIX века. В середине XX века проблема приобрела более чёткие очертания в связи с появлением новых геологических и химических данных. В конечном счёте, всё решение свелось к тому, что такая постановка проблемы оказалась «некорректна по своей природе и не имеет научного решения. Предметом научной дискуссии может быть только проблема об источнике вещества в месторождениях нефти и газа» [3, стр.46]. Ниже сделана попытка решения возникающей проблемы на основе анализа физических и химических свойств нефти и получаемых из неё продуктов. В работе использованы опубликованные литературные материалы

Рассмотрены: **1.** Физические свойства (плотность d и показатель преломления n). **2.** Анализ возгонов. **3.** Концентрации Н и С, главных компонентов нефти. **4.** Групповой состав нефти.

СВЯЗЬ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

Температурная зависимость

Она заключается в наличии связи вида

$$n_D^{20} = Ad_d^{20} + B \quad (1)$$

Эта зависимость была установлена ещё на заре «туманной юности» нефтехимии [Намёткин С.С., 1955]. Поскольку уравнение (1) описывает температурную прямую, то $n = f(T_v)$, $d = f(T_v)$, где T_v – температура возгона фракции нефти. Известны эксперименты, например, Г.Д. Гальперн и др. (1950 г.) по определению влияния T на изменение d и n . Установлена зависимость

$$(d, n) = -aT + A \quad (2)$$

При повышении T величины d и n уменьшаются. При неизменной массе вещества повышение T ведёт к увеличению его объёма, а значит и уменьшению d . В тоже время увеличение объёма ведёт к уменьшению количества молекул в единице объёма, вызывая уменьшение волнового сопротивления и увеличение скорости движения света в веществе, а значит и уменьшение n . Аналогичный конечный эффект отмечается и при снижении T .

Плотность связана с температурой через уравнение $d = d_o(1 - \gamma_d T)$ [Намёткин С.С., 1955], в котором $\gamma_d = d_o \alpha_d$; d_o – начальное значение плотности, α_d – коэффициент термического расширения (сжатия), тождественный таковому в уравнении $v_T = v_o(1 + \alpha T)$. Тогда в уравнении (2) параметр $A = d_o$, а $\alpha_d = \gamma_d/d_o$. Для некоторых углеводородов (УВ) $\alpha_d = 0,00085$ – $0,00116$, а также $\Delta n/\Delta d = 0,603$; $0,588$ и $0,454$. Эти значения по порядку величин соответствуют значениям A из уравнения (1) для конкретных выборок. Согласно опытам Г.Д. Гальперн и др. поведение n аналогично поведению d и для него можно написать $n = n_o(1 - \gamma_n T)$. Удаляя пара-

метр T , для уравнения (1) получаем $A = \gamma_n/\gamma_d = n_o a_n/d_o a_d$, что отражает физический смысл уравнения (1). Оценка значений параметров n_o и d_o проведена ниже.

Прогрев и получение возгонов осуществлялся в широком интервале температур. Однако, наиболее полно это влияние изучена на месторождении Озек-Суат (Котина А.К., Чихачева Е.М., 1961): температурный интервал составляет 40–600 °С. Динамика получения возгонов для нефтей из отложений различного возраста отражена на рис. 1. Все возгоны чётко делятся на две группы: группа относительно низкотемпературных возгонов ($T \approx 40\text{--}400$ °С) и группа относительно высоко температурных возгонов ($T \approx 350\text{--}600$ °С). Кривые имеют интервал перекрытия. Такое же деление наблюдается в меловой нефти.



Это же деление отмечается на изотермах на интервалах $T = 250\text{--}300$ и $350\text{--}400$ °С.

Рис. 1. Распределение температурных фракций возгонов

Рис. 1. Распределение температурных фракций возгонов

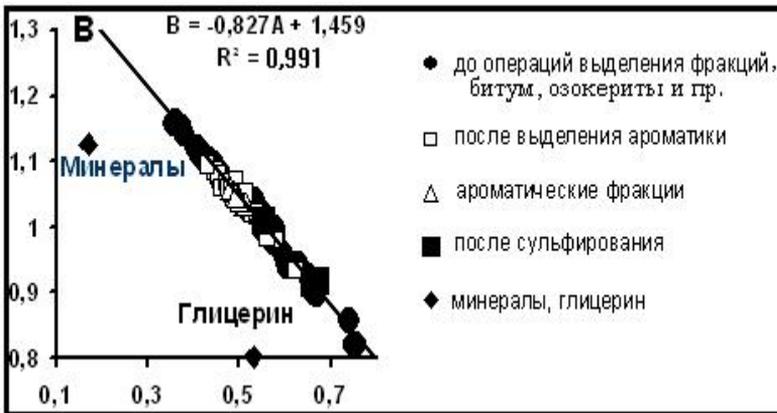


Рис. 2. Компенсационная диаграмма по параметрам уравнения $n = Ad + B$

Обоснованность выделения групп подтверждается тем, что на графиках в координатах ($M-d$) и ($M-X$) (X -выход фракции) эти выборки также выделяются в отдельные множества точек.

Состав пранефти

При использовании представлений о компенсационных уравнения получен уникальный результат: в координатах ($A.B$) все точки легли на единую прямую линию. На её основе проведена оценка физических параметров n_o и d_o нефти в её

источнике с помощью теории решения задачи об источниках вещества [1, 2], которая оперирует с параметрами A и B . Если имеются уравнения вида (1), то ей соответствует пара чисел (A, B) . Тогда, используя их как некоторые координаты для нескольких прямых, можно построить прямую вида $B = aA + b$ [5, 7]. Если это уравнение выполняется, то такая совокупность прямых (1) называется пучком прямых, пересекающихся в **одной** точке (точке кроссовера) с координатами (A_0, B_0) . Координаты точки кроссовера определяются как $a = -A_0$ и $b = B_0$. Уравнение вида $B = (-A_0)A + B_0$ называется компенсационным уравнением. В этом уравнении параметры (A_0, B_0) описывают физические свойства нефти из общего источника уровня $j=2$.

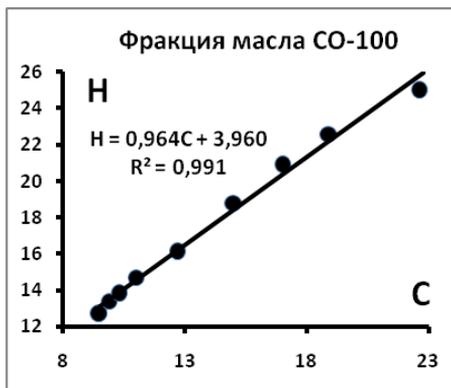
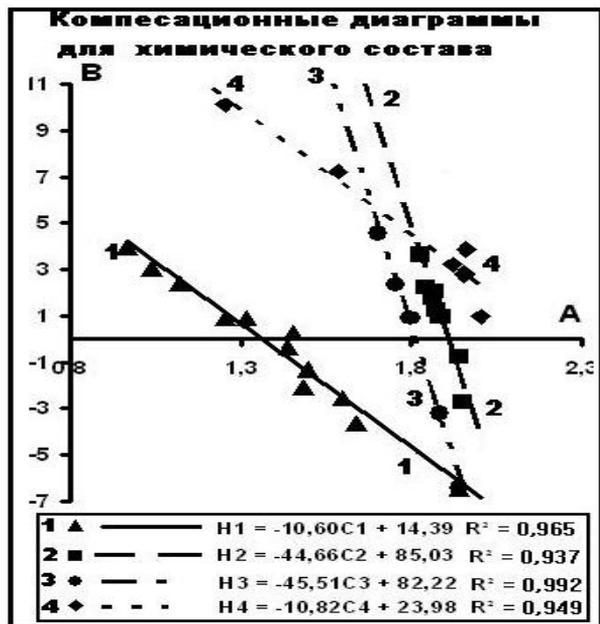


Рис. 3. Связь между концентрациями C и H в углеводородах

Для их оценки рассчитаны уравнения, связывающие параметры d и n в уравнение (1). Получено 103 выборки анализов, по которым построена компенсационная диаграмма (рис. 2). Для сравнения туда же помещены параметры таких уравнений для силикатных минералов из (Лазаренко Е.К., 1971) и раствора глицерина в воде. Как видно, их параметры резко отличаются от данных по нефти. Чётко вы-

является принадлежность всех точек углеводородов только к **прямой линии** с уравнением $B = -0,827A + 1,459$;

тогда координаты точки кроссовера имеют значения $A = -1,459$ и $B = 1,459$.
Рис. 4. Компенсационная диаграмма распределений параметров связи между C и H



является принадлежность всех точек углеводородов только к **прямой линии** с уравнением $B = -0,827A + 1,459$;

тогда координаты точки кроссовера имеют значения $d_0 = 0,827$ и $n_0 = 1,459$. Таким образом, эти значения характеризуют физические свойства пранефти, или микро-нефти, общей и единствен-

СВЯЗЬ ХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

В литературе обычно говорят о температурных фракциях нефти, для которых определяется эмпирическая формула возгона вида C_nH_m . Во всех случаях между концентрациями C (параметр n) и H (параметр m) существует строгая линейная зависимость вида $H = aC + A$. Пример такой зависимости приведён на рис. 3.

По этим данным построена компенсационная диаграмма (рис. 4). На рис. 4 выделены несколько линий, отражающих состав фракций нефти. Они приведены в табл. 1. Учитывая случайность отбора анализов и независимость выделения групп, можно полагать, что количество точек на диаграммах отражает их соотношение относительно друг друга. Отмечаются высокие концентрации в нефти источника ароматической составляющей (№1) и низкие концентрации метановой (№4) компоненты.

Таблица 1. Соотношения групп углеводородов по химическому составу

№№ п.п.	Эмпирическая формула	Кол-во точек	Соотношение компонентов, %	Группа (?)
1	$C_{10,60}H_{14,39}$	12	40	C_nH_{n+3}
2	$C_{44,66}H_{85,03}$	8	26,8	C_nH_{2n-4}
3	$C_{45,51}H_{82,22}$	5	16,6	C_nH_{2n-9}
4	$C_{10,82}H_{23,98}$	5	16,6	C_nH_{2n+2}

Несмотря на разнообразие нефтей, для них установлен единый источник, определяемый параметрами $d_o = 0,827$ и $n_o = 1,459$. Состав нефти источника складывается из фракций $C_{10,60}H_{14,39}$, близкой составу C_nH_{n+3} , и $C_{44,66}H_{85,03}$, близкой составу C_nH_{2n-4} . Ранее этот источник назывался «пранефть», потом микронефть. Постоянство состава микронефти говорит, что при естественной переработке органического вещества конечный результат этого преобразования будет один и тот же, но время формирования пранефти может быть различным.

Литература

1. Макаров В.П. Явление компенсации» – новый вид связи между геологическими объектами // Материалы I международной научно-практической конференции «Становление современной науки-2006». Т. 10. Днепропетровск: Наука и образование, 2006. С. 85-115.
2. Макаров В.П. Вопросы теоретической геологии. 12. Основы теории решения задачи об источниках вещества // Материалы международной конференции. «Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития-2008». Одесса: «Черноморье», 2008. Т. 17. С. 12-47.
3. Пиковский Ю.И. Проблема нефтегазообразования: выход из тупика? (к дискуссии о происхождении нефти и природного газа) // Генезис углеводородных флюидов и месторождений. М.: ГЕОС, 2009. С. 38-55.

ОБ ИСТОЧНИКАХ ВЕЩЕСТВА ПРИРОДНЫХ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ГАЗОВ

В.П. Макаров

Российский государственный геологоразведочный университет.

Concentration CH_4 , C_2H_6 , C_3H_8 oil and gas deposits with use representation of the theory of the decision of a problem about substance sources are considered. All natural gases are a mix of gases at least from two sources. In oil deposits in sources of gases the impurity нафтогенных gases, in gas deposits – methanogene gases prevails. However these components are formed by displacement of gases of the general source of deeper level

Углеводородные газы (далее УВГ) являются частью природных углеводородных систем, газовой фазой природных углеводородов. Природа этих газов разнообразна, однако источники УВГ не ясны.

Разработки [2-4] по решению задачи об источниках вещества позволяют осветить эту проблему для конкретных выборок. Для этого были проанализированы составы УВГ из работы [1]. Концентрации газов приведены в объёмных процентах. Во многих пробах даны также определение плотности газов d (относительно воздуха).

Изучено поведение CH_4 (C_1), C_2H_6 (C_2), C_3H_8 (C_3), используя рассчитанные концентрации (условно) весовые (m) и мольные (M). По индивидуальным выборкам построены диаграммы в координатах ($d - C_i$), ($C_1 - C_j$) и ($1/d - C_i$); концентрации газов при этом нормировались с условием $\sum C_i = 100\%$. Поскольку концентрации газов в анализах выражены в (%), то нормированные концентрации будут выражаться в единицах (%%). При выполнении уравнений вида $C_i = A_i(C_1) + B_i$ и $C_j = A_j/d + B_j$ строились диаграммы компенсации вида $B_{ij} = gA_{ij} + G$, в которых $g = (C_1)_o$, $G = (C_i)_o$ – составы исходных гипотетических газов, послуживших источником уровня $j = 2$ для формирования реальных газов.

Газы нефтяных месторождений

Это – растворённые в нефти газы, хотя механизм растворения и их источники точно не установлены. Сводная диаграмма распределения концентраций C_1 и C_2

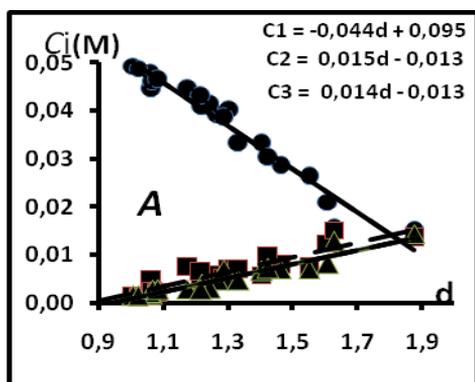


Рис. 1. Зависимость мольных концентраций от плотности смеси

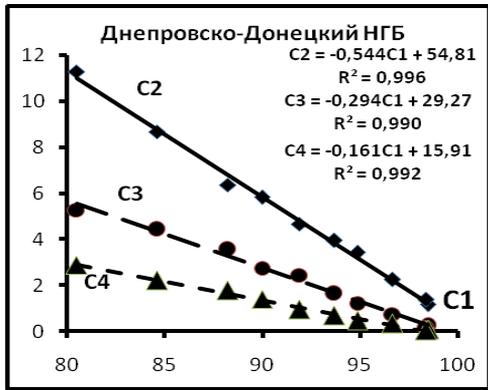
в месторождениях нефти СССР и зарубежных стран показывает: 1) чем больше доля C_1 в газе, тем меньше в них C_2 (и C_3), это характерно для закрытых систем, к которым относятся системы с процентами; 2) все зарубежные объекты характеризуются существенно метановым (облегчённым) составом УВГ. Однако чёткой возрастной и географической зависимости не выявлено.

На рис. 1 показана зависимость мольных концентраций от плотности газа: с увеличением d резко уменьшается доля C_1 (кружки) и существенно возрастают доли C_2 (квадраты) и C_3 (треугольники). В метановой области чётко выделяются

выборки *A* и *B* с разными формами связи между компонентами. На этих диаграммах намечается общность поведения этана и пропана.

Получено около 10 индивидуальных выборок, но только одна выборка полностью соответствует контрольным условиям. Для этой выборки газ источника уровня $j = 1$ имеет состав $C1 = 27,52$; $C2 = 42,29$ и $C3 = 30,16\%$.

При построении компенсационных диаграмм выделены два семейства выборок. На рис. 3 показаны диаграммы компенсации распределений, по этим данным рассчитаны протосоставы газов источника уровня 2, приведённые в табл. 3.



Исходный состав газа семейства *A* наиболее тяжёлый, основную роль играют $C3$ и $C2$. Он, видимо, является собственно нефтогенным газом. Исходный газ семейства *B* более лёгкий, в нём преобладает метан.

Таким образом, основная часть изученных газов нефтяных месторождений – это смесь собственно нефтяных газов (преобладают) и газов метанового состава.

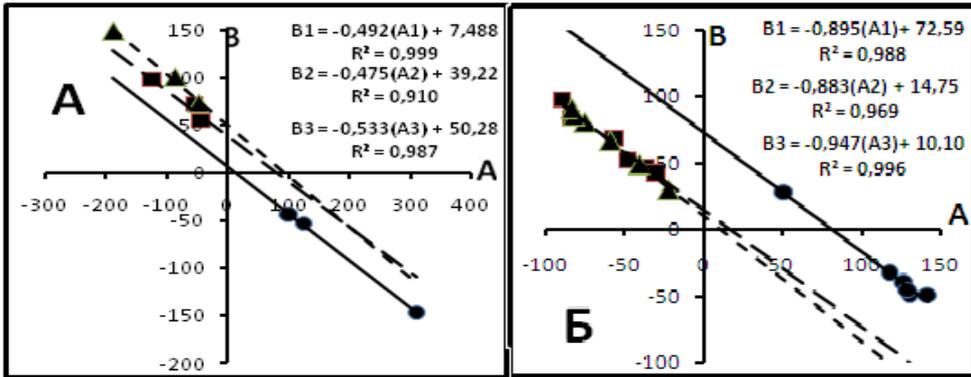


Рис. 2. Компенсационные диаграммы распределений параметров уравнений смешения газов в выборках

Таблица 1. Протосоставы газов в источниках уровня $j = 2$

Семейство	Тип газа	d	CH_4	C_2H_6	C_3H_8	C_4H_{10}
<i>A</i>	Нафтоген.	2,000	7,49	39,22	50,28	н.о
<i>B</i>	Нафтоген.	1,101	72,59	14,75	10,10	н.о
<i>C</i>	Собст. газов.	0,637	93,61	6,01	0,38	н.о
<i>D</i>	Собст. газов.	-	93,44	4,37	1,55	0,56

н.о. - не определялись.

Рис. 3. Распределение газов в одном из НГБ

Газы собственно газовых месторождений

Недостатком этих анализов является отсутствие в большинстве случаев, кроме Тимано-Печорского НГП, определений плотностей газов. В ТП НГП выделены пять выборок, по которым затем строились диаграммы компенсации. В табл. 1 отражён протосостав газа (сем. С) по Тимано-Печорской НГП. Пример других выборок отражён на рис. 3, где показаны распределения составов газов в одной из выборок Днепровско-Донецкого НГБ. Газы собственно газовых месторождений имеют преимущественно метановый состав с небольшой примесью нафтогенных газов.

Среднее значение протосостава газов вынесено в табл. 1 (сем. D).

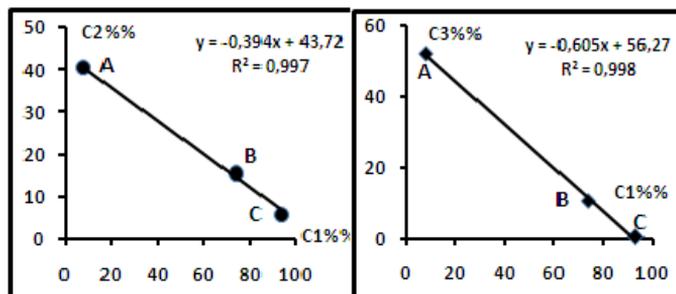


Рис. 4. Бикомпенсационная диаграмма распределения газов в газ. месторождениях. Буквами отмечены системы из табл. 3

Сооставление

газов

Данные табл. 1 позволяют рассмотреть источники УВГ более глубокого уровня, применив принцип бикомпенсации [3]. Результаты построения показаны на рис. 4. Данные соответствуют уравнениям $C_i = AC1 + B$. Уравнения вида $C_i = A/d + B$ не строились из-за малого количества материала.

Согласно рис. 4 все точки ложатся на общие линии

$$C2 = -0,394C1 + 43,72;$$

$$C3 = -0,605C1 + 56,27,$$

свидетельствуя о существовании источника газов уровня $j = 3$, в основном нафтогенного состава, слагающих надсемейство углеводородных газов.

Обсуждение результатов

Проведённые исследования позволили осветить некоторые вопросы геохимии УВГ. Полученные результаты носят предварительный оценочный характер.

Считается, что источником всех УВГ являются органические соединения, оставшиеся от жизнедеятельности организмов. Однако промежуточная история от момента зарождения УВГ до настоящего времени фактически неизвестна. Применение положений теории решения задачи об источниках вещества [2-4] помогло осветить некоторые моменты этой истории на основе гипотезы о том, что современный исследуемый газ не является исходным, а образован смешением (исходных) газов минимум из двух источников.

Изучение нафтогенных газов нефтяных месторождений показало, что для него характерны пониженные концентрации $C1$ и повышенные содержания $C2$ и $C3$. В значительной мере эти газы образуют семейства, т.е. множество газов, выделившихся из одного общего источника (уровня $j = 2$) с примесью газа метанового состава. Газы собственно газовых месторождений, не имеющих прямой связи с

нефтяными объектами, также образуют свои самостоятельные семейства (из источника уровня $j = 2$), но с примесью газов нефтогенного состава, имеющих значительную примесь C_2 и C_3 (бутан не изучался).

Удивительным в геохимии этих семейств является принадлежность их к общему надсемейству, свидетельствуя об общем источнике (уровня $j = 3$) газов более глубокого уровня как для собственно нефтяных, так и для газовых месторождений. Таким образом, в истории формирования современных УВГ намечаются минимум три этапа, связанные с источниками газов разного уровня.

Литература

1. Ермаков В.И., Зорькин Л.М., Скоробогатов В.А., Старосельский В.И. Геология и геохимия природных горючих газов (справочник). М.: Недра, 1990. 315 с. ISBN 5-247-00799-9.

2. Макаров В.П. Основы теоретической геохронологии // Материалы XII научного семинара «Система планета Земля». М.: РОО «Гармония строения Земли и планет», 2004. С. 228-253.

3. Макаров В.П. «Явление компенсации» – новый вид связи между геологическими объектами // Материалы международной научно-практической конференции «Становление современной науки – 2006». Т. 10. Днепропетровск: «Наука и образование», 2006. С. 85–115.

4. Макаров В.П. Вопросы теоретической геологии. 12. Основы теории решения задачи об источниках вещества. А. Общие вопросы. Б. Выводы основных уравнений // Материалы международной конференции «Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития - 2008». Одесса: Черноморье, 2008. Т. 17. С. 12-47.

ГАЗОВЫЙ ФАКТОР В ЭНДОГЕННЫХ ПРОЦЕССАХ

А.И. Малышев

Институт геологии и геохимии УрО РАН; 620075, Екатеринбург, Почтовый пер., 7

Three geochemical fields of practical importance are distinguished: (1) Zone of sulfur condensation is of great significance for the formation of many ore deposits and the formation of endogenous native sulfur deposits in zones adjacent to the water neutralization barrier. (2) Water condensation zones serve as a fluid neutralization barrier, where acid fluid flows originate. This zone has a key significance for the formation of hydrothermal, gold ore, and quartz deposits. (3) Zone of H_2S and CO_2 condensation plays a leading role in the endogenous formation of hydrocarbon deposits.

В настоящее время в геологических науках существует неявно выраженная фундаментальная проблема, связанная с недооценкой роли газового массопереноса в эндогенных процессах. Эта проблема, по моему мнению, является серьезным препятствием на пути дальнейшего развития геологических наук и, в частности, как это будет показано в отдельном докладе, для понимания условий возникновения предбиологических состояний. Существование указанной выше проблемы непосредственно следует из вулканологических наблюдений. Все исследователи, занимавшиеся изучением процесса вулканических извержений со вре-

мен Дж. Поулетт-Скропа (20-е годы XIX в.), неизбежно приходили к выводу о ключевой роли газовой активности в эруптивном процессе. Пожалуй, лучше всех это вывод сформулировал Ф.А. Перре, наблюдая динамику извержений вулкана Мон-Пеле: «Газ – это активный агент, и магма является его переносчиком». Аналогичный вывод был сделан и автором этой работы на основании изучения процесса извержений в Безымянного [3]. Тем не менее, эти наблюдения и выводы многих поколений вулканологов в магматической геологии остаются неостребованными, так как проявление газовой активности в вулканическом процессе рассматривается лишь как частный случай, возникающий в приповерхностных условиях в результате кристаллизации магматических расплавов. В глубинных условиях, как правило, исключается сама возможность существования вещества в газообразном состоянии.

Существуют две причины, дающие определенные основания для игнорирования выводов наблюдательной вулканологии. Первая – факты магматической геологии, свидетельствующие об исчезновении с глубиной в магматических породах газовых полостей или их реликтов. Более того, подобные факты характерны и для вулканических пород субмаринных извержений, где с ростом перекрывающей водной толщи наблюдается аналогичная картина. Эти данные свидетельствуют об исчезновении в магматических расплавах при сравнительно небольших давлениях газов в виде самостоятельной фазы. Поэтому считается, что газообразные соединения с увеличением глубины переходят в растворенное в магме состояние, и тем самым исчезают как самостоятельный объект исследования. Вторая причина – не вполне корректное использование физических данных о сути критических явлений в переходах «газ – жидкость», а именно перенос экспериментальных данных, полученных при изучении закрытых систем в лабораторных условиях, на открытые природные системы. По мере все более широкого использования в эндогенной геологии термодинамических методов при рассмотрении этих переходов стал доминировать формализованный макроподход Гиббса, согласно которого в надкритических условиях состояние вещества оказывается неопределенным, так как все различия между газом и жидкостью исчезают в критической точке. Одновременно произошла утрата понимания молекулярной сути критических явлений в соответствии с интерпретацией Эндрюса – Ван-дер-Ваальса, согласно которой критическая температура – одна из физико-химических констант вещества, соответствующая такому уровню теплового движения молекул, при превышении которого происходит полный разрыв межмолекулярных связей. Поэтому существует ключевое различие между конденсированными и газообразными состояниями вещества. Это отличие определяет стремление газов равномерно распространиться по всему доступному пространству, тогда как конденсат, напротив, стремится сформировать молекулярные агрегаты с минимальной (в идеале – сферической) поверхностью. Это различие становится ключевым в эндогенных процессах, где газообразные соединения сохраняют высокую подвижность даже в случае сплошных сред за счет перемещения путем молекулярной диффузии. Поэтому любая природная система для газообразных соединений становится открытой. Здесь и далее под газообразными соединениями в условиях сплошных сред понимаются такие молекулярные образования, которые не создают устойчивых молекулярных связей ни между собой, ни с вмещающими молекулярными структурами. Отсутствие этих связей создает благоприятные условия для диффузионного перемещения таких соединений в сплошных средах,

включая кристаллические структуры. Само диффузионное перемещение осуществляется путем миграции комплексных (по М.А. Кривоглазу [2]) дефектов, в которых n примесных атомов расположено на $(n + 1)$ или $(n - 1)$ узлах решетки.

Газовый массоперенос является ключевым фактором постааккреционной планетарной эволюции. В него включаются как изначально захваченные в ходе аккреции, так и вновь образующиеся в земных глубинах за счет ядерных и химических реакций газообразные соединения. Замещение легких молекул газообразных соединений на более тяжелые молекулярные агрегаты и вытеснение газов в вышележащие горизонты – энергетически выгодный и поэтому самодостаточный процесс. Выделяющаяся при этом энергия пропорциональна разности в весе между молекулами газа и замещающими их молекулами вмещающей среды и расходуется на увеличение тепловых колебаний (повышение температуры) в диффузионной зоне. В свою очередь увеличение тепловых колебаний еще более облегчает процесс газовой диффузии, создавая условия для еще большего выделения энергии. В итоге в ходе такого нарастающего гравитационного перераспределения вещества прежде всего за счет диффузионной миграции в вышележащие породы легких и подвижных газовых компонентов выделяющейся энергии становится достаточно для начала парциального плавления пород, тем более, что присутствие летучих существенно понижает температуры их плавления. Появление расплавной фазы еще более облегчает миграцию газообразных компонентов, и образующаяся магма становится путем преимущественного перемещения газообразных соединений. При этом перемещение газов осуществляется как путем молекулярной диффузии, характерным для наиболее высокотемпературных условий, так и в виде обособившихся и находящихся под высоким давлением газовых пузырьков, что больше соответствует малоглубинным (вулканическим) условиям. В свою очередь насыщенные летучими расплавы сами становятся динамически активными и способными к внедрению в окружающие породы в направлении наименьшего сопротивления. Так, по нашему мнению, рождаются магмы, динамическая активность которых является ведущим фактором тектонической активности нашей планеты. Таким образом газовый массоперенос обеспечивает значительный вклад в энергетический баланс планеты за счет как самих дегазационных процессов, так запускаемые при их помощи более масштабных явлений гравитационного перемещения вещества планеты (мантийных плюмов и т.п.).

При перемещении к поверхности Земли высокотемпературные эндогенные летучие претерпевают закономерную физико-химическую эволюцию [4]. Направленность этой эволюции контролируется физическими переходами между газообразным и конденсированными состояниями как для веществ, входивших в исходный состав эндогенной газовой смеси, так и для продуктов их реакций между собой и вмещающими породами. Во-первых, переходы «газ – конденсат» выполняют функцию физического сепаратора эндогенных летучих на газообразную составляющую, сохраняющую способность к перемещению даже в случае сплошных сред, и на остаточный конденсат, полностью теряющий способность к перемещению в сплошных средах или перемещающийся сравнительно медленно в пористых и трещиноватых средах. Во-вторых, переходы «газ – конденсат» выполняют функцию химического сепаратора эндогенных летучих, так как контролируют направленность сопровождающимися этими переходами химических реакций. Это происходит как благодаря отмеченной выше избирательной открыто-

сти природных систем для веществ в разном агрегатном состоянии, так и вследствие скачкообразного изменения при переходах «газ – конденсат» концентрации реагирующих веществ.

Скачкообразное или постепенное выведение из состава высокотемпературной газовой смеси конденсирующихся веществ обуславливает существование трех геохимических областей, имеющих большое теоретическое и практическое значение [4]: 1. Область зон серной отгонки, в которой происходит сброс конденсата серы. Эта область имеет большое значение для образования многих рудных месторождений, а в той части, где область примыкает к барьеру водной нейтрализации, происходит формирование эндогенных месторождений собственно самородной серы. 2. Область зон водной отгонки, приводящая к появлению на пути эндогенных флюидов барьера нейтрализации и последующего зарождения волны повышенной кислотности. Эта зона имеет ключевое значение для формирования гидротермальных, золоторудных и кварцевых месторождений. 3. Область зон сероводородной и уголекислотной отгонки (зон ЕУС), играющая ведущую роль в формировании месторождений углеводородного сырья.

Игнорирование в существующих теоретических разработках проблемы газового массопереноса в сплошных средах привело к тому, что наряду с газовой диффузией не учитывается и возможность диффузионного переноса пороодо- и рудообразующих элементов в составе газообразных соединений. В частности хорошо известен факт возможности переноса кремнезема высокотемпературными парами воды в составе летучих соединений [1], причем с ростом концентрации водяного пара эффективность переноса кремнезема возрастает.

Факт переноса кремнезема в составе газообразных соединений подтверждается непосредственными наблюдениями на активных вулканах. Закономерная связь вариаций состава магм и их газонасыщенности является универсальной и наблюдается повсеместно. В частности, на Камчатке нет такого долгоживущего вулканического центра, где не просматривалась бы эта закономерность. И чем более контрастным по газонасыщенности был эруптивный процесс этих вулканических центров, тем больший контраст наблюдается в химическом составе формировавшихся в процессе извержений вулканитов. Причем полицикличности эруптивного процесса однозначно соответствует полицикличность изменений вещественного состава вулканитов. Объяснение подобной полициклической синхронности с точки зрения диффузионного газового переноса пороодообразующих компонентов, на наш взгляд, является единственно возможным.

Литература

1. Айлер Р. Химия кремнезема. Ч. 1. М.: Мир, 1982. 416 с.
2. Кривоглаз М.А. Дефекты в твердых растворах, стабилизирующиеся при понижении температуры // ФТТ. 1970. Т. 12. Вып. 8. С. 2445-2451.
3. Мальшев А.И. Жизнь вулкана. Екатеринбург: УрО РАН, 2000. 262 с.
4. Мальшев А.И. Сера в магматическом рудообразовании. Екатеринбург: ИГТ УрО РАН, 2004. 189 с.

ЗОНЫ ЕСТЕСТВЕННОГО УГЛЕВОДОРОДНОГО СИНТЕЗА КАК ФАКТОР ФОРМИРОВАНИЯ ПРЕДБИОЛОГИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ

Л.К. Малышева, А.И. Малышев

Институт геологии и геохимии УрО РАН; 620075, Екатеринбург, Почтовый пер., 7

The origin of prebiological states is tied up in this work with functioning of abiogenous hydrocarbon synthesis zones (AHSZ) in the development of planetary degassing processes. The origin of AHSZ, in their turn, are stiffly fixed by certain PT-conditions. Yet, on different planets these conditions are brought about in different ways which may be exemplified by planets of Solar system.

Как известно, существуют две группы взглядов на происхождение земных форм жизни. Первая из них соответствует представлениям о зарождении жизни непосредственно на Земле благодаря абиогенному синтезу сложных углеводородных соединений. Вторую группу взглядов представляют варианты концепции панспермии. Суть этой концепции заключается в том, что жизнь как таковая рассматривается в качестве одного из фундаментальных свойств материи, и вопрос о «происхождении жизни» в рамках этой концепции выглядит неактуальным. Однако в действительности этот вопрос из области фундаментальных наук лишь переводится в философскую плоскость. И уже в этой плоскости каждый из сторонников концепции панспермии должен сделать выбор между представлением о принципиальной возможности возникновения жизни в ходе общей эволюции материи (диалектика) и метафизическими представлениями о неизменном и изначальном присутствии неких жизненных спор во Вселенной. На наш взгляд, повсеместное протекание эволюционных процессов в живой и неживой природе делает более обоснованным выбор в пользу диалектической точки зрения, а следовательно, сделавшие этот выбор сторонники концепции панспермии вынуждены вновь вернуться к вопросу о «происхождении жизни», даже в том случае, если, по их мнению, эта жизнь или ее зародыши были привнесены извне. По нашему мнению, процесс зарождения «жизни» является закономерным следствием эволюции неживой материи, и этот процесс настолько универсален, что представления панспермии оказываются избыточными. Поэтому ниже мы рассмотрим существующие взгляды на происхождение земной жизни *in situ*, абстрагируясь от возможности инфицирования Древней Земли зародышами внеземной жизни.

В данной работе возникновение предбиологических состояний увязывается с функционированием абиогенных зон естественного углеводородного синтеза (ЕУС) в развитии планетарных дегазационных процессов. В свою очередь возникновение зон ЕУС фиксируется определенными РТ-условиями. Однако на различных планетах эти условия реализуются различным образом, что демонстрируется в работе на примере небесных тел Солнечной системы. В субаэральных условиях Земли при эволюции РТ-условий в перемещающихся к поверхности эндогенных флюидах в соответствии с современным геотермическим градиентом зоны располагаются на глубинах 0.86 км (углекислотная) и 3.2 км (сероводородная). В глубоководных условиях океанического дна эти зоны могут непосредственно выходить на его поверхность, в частности, окаймляя по периферии высокотемпературные газо-гидротермальные выходы, т.н. «черные курильщики».

Зоны естественного углеводородного синтеза исключительно благоприятны для образования сложных углеводородов и протекания процессов их самоорганизации, а следовательно, и для возникновения первичной примитивной жизни на нашей планете. Источником питающей эту жизнь энергии является тепло глубинных флюидов. Вынос первично возникавших микроорганизмов флюидными струями из зон естественного углеводородного синтеза на дне океана или с малых глубин под поверхностью материков привел к адаптации их к питанию за счет энергии солнечного света. Дальнейшая эволюция жизни на Земле привела к существенному разветвлению и усложнению цепей питания, однако в основе их по-прежнему лежит энергия солнечного света.

Образование зон ЕУС на Венере и Меркурии невозможно из-за перегретости поверхности этих планет под воздействием солнечной радиации. Есть основания считать, что, в отличие от Земли, в условиях древнего Марса зоны естественного углеводородного синтеза располагались на глубинах 3–5 км, а затем, в ходе остывания планеты, они переместились на глубины 40–80 км. Примитивная жизнь, в случае своего образования в подобных условиях, была вынуждена адаптироваться к глубинным условиям и мигрировать в недра планеты вслед заступающими источниками тепла. Выход и адаптация жизни на поверхности Марса, т.е. гелиотрофный вектор ее эволюции, практически исключается. Данные зонда Galileo Probe о РТ-условиях атмосферы Юпитера свидетельствуют о том, что зоны естественного углеводородного синтеза располагаются в верхних ее слоях. Анализ возможного функционирования этих зон показывает, что в условиях Юпитера возникает своеобразный гиперцикл создания и разрушения углеводородных соединений, который создает более чем прекрасные условия для естественного отбора химических соединений, нарастания их сложности и степени самоорганизации. Безотходность этого гиперцикла и высокие скорости протекания реакций в средних и нижних слоях атмосферы Юпитера с соответствующим ускорением естественного отбора химических соединений дают основания предполагать, что на этой планете вероятно существование наиболее крупного скопления «биомассы» в пределах Солнечной системы. В конечном счете можно сделать вывод, что все планеты нашей Солнечной системы, а также их спутники и малые небесные тела с размерами от нескольких сотен километров, в своей эволюции проходят или проходили стадию развития дегазационных процессов. Закономерным следствием планетарной дегазации является формирование зон ЕУС, в которых активно протекают процессы образования и самоорганизации сложных углеводородных соединений и которые, таким образом, являются вероятной средой для зарождения и последующей эволюции саморазвивающихся систем, т.е. своеобразной «жизни» на углеводородной основе. Среди многочисленных и разнообразных вариантов зарождения этой «жизни» условно можно выделить две резко различающиеся группы. Для первой группы вариантов характерно зарождение и последующее развитие в конденсированных средах (каменной, ледовой, водной и водно-ледовой). Эта группа вариантов свойственна всем небольшим планетам и малым небесным телам. Исключение составляют лишь небесные тела, перегреты относительно условий формирования зон ЕУС под воздействием внешних или внутренних причин: Венера и Меркурий – солнечная радиация; Ио – разогрев под воздействием сил приливного трения. Вторую группу вариантов представляют планеты гиганты, для которых имеются исключи-

тельные условия для зарождения и быстрой эволюции углеводородной «жизни» в газовой среде.

Случай зарождения и развития жизни на Земле довольно специфичен, хотя Человечеству и свойственно его абсолютизировать. Земля, с одной стороны, попадает в группу вариантов зарождения «жизни» в конденсированных средах, а с другой стороны, по условиям воздействия солнечной радиации близка к «перегретым» планетам – Венере и Меркурию. Довольно высокие значения поверхностной температуры и термического градиента обусловили максимально близкое к поверхности залегание зон ЕУС, а сравнительно большая гравитация нашей планеты обеспечила достаточный уровень давления для эффективного функционирования зон ЕУС. Последующий вынос протожизни флюидными струями из этих зон в породах дна океана или с малых глубин под поверхностью материков привел к отрыву протожизни от первоначального источника энергии. А это, в свою очередь, обусловило адаптацию первичной жизни к существованию за счет энергии солнечного света. Дальнейшая эволюция жизни на Земле привела к существенному разветвлению и усложнению цепей питания, однако в основе их по-прежнему лежит энергия солнечного света.

Таким образом, зарождение жизни на Земле представляет собой лишь частный случай из многочисленных вероятных вариантов зарождения и последующего развития углеводородной «жизни», свойственных другим небесным телам нашей Солнечной системы. Скорее всего, наша Солнечная система не является исключением, и возникновение подобной «жизни» на определенной стадии развития планетарных дегазационных процессов можно рассматривать как закономерное следствие общей эволюции Вселенной. Что касается поисков внеземной жизни и, тем более, внеземного разума, то здесь уместно вспомнить кардинала Николая де-Куза, еще в середине XV в. проповедовавшего обитаемость далеких миров и одновременно пытавшегося доказать, что считая самих себя мировым типом и меряя все на свою мерку, мы впадаем в глубочайшее заблуждение.

Более подробно аргументация представленной в докладе точки зрения изложена в работах [1–3]. Данные работы доступны по адресу <http://www.lithosphere.ru>.

Литература

1. *Мальшев А.И., Мальшева Л.К.* Планетарные дегазационные процессы и условия возникновения предбиологических состояний на планетах Солнечной системы: I. Земля // Литосфера. 2009. № 2. С. 67–77.

2. *Мальшев А.И., Мальшева Л.К.* Планетарные дегазационные процессы и условия возникновения предбиологических состояний на планетах Солнечной системы: II. Планеты земного типа и планеты-гиганты // Литосфера. 2009. № 3. С. 64–74.

3. *Мальшев А.И., Мальшева Л.К.* Планетарные дегазационные процессы и условия возникновения предбиологических состояний на планетах Солнечной системы: III. Малые небесные тела, метеориты и открытый космос // Литосфера. 2009. № 4. С. 93–103.

РОЛЬ ФЛЮИДОВ В РУДООБРАЗОВАНИИ МЕЗОЗОЯ (НА ПРИМЕРЕ ЧИРАГДЕРИНСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ АЗЕРБАЙДЖАНА)

Х.И. Махмудов, К.Ф. Самедова

Институт Геологии НАН Азербайджана, г. Баку, пр. Г.Джавида, 29 А

Fluids mainly consisting of water and other volatile components bring different ore and non-ore elements to surface during transport from depths of ground. They are also able to transit and to lay chemical elements, to dissolve in magmatic meltings, to increase rate of many geological processes. Role of fluids is to form a single "transportation" system where heat – and mass-transport, physical-chemical phenomena, mineral formation, etc occur.

Флюидный массоперенос рудных металлов в мантии связан в первую очередь с пересыщенностью щелочами, циркулирующих здесь водных растворов. Не исключено, что природные глубинные флюиды, характеризуются более высоким потенциалом серы. И так, флюидный перенос интенсифицирует транспорт рудных металлов из верхней мантии в континентальную кору. Отделение летучих компонентов от магмы происходит обычно в верхних горизонтах земной коры, где давление ниже. Обогащение одних участков в расплавах по сравнению с другими флюидными компонентами приводит к тому, что первые дольше сохраняют жидкое состояние. Важно подчеркнуть, что потоки глубинных флюидов, проходя через расплав и взаимодействуя с ними, изменяют его состав за счет привноса одних и выноса других компонентов. Глубинные флюидные потоки, переносящие рудные металлы из недр Земли к поверхности, берут начало на границе внешнего жидкого ядра и нижней мантии (Рябчиков И.Д. и др., 1999). В восстановленных формах рудные металлы легко переносятся в соединениях с летучими компонентами флюидо-потоками по ослабленным зонам в мантии (Коржинский Д.С и др., 1979).

Формирование крупных рудных магматогенных месторождений связано с особыми условиями магматической дифференциации, при которой эвтектоидный путь эволюции магмы необратимо сменяется ликвационным. Последовательная множественная ликвация позволяет получить высококонцентрированный рудный расплав, способный отложить огромные массы рудного вещества. Взаимодействие магматических расплавов с участками мантии, обогащенными сульфидами в результате предшествовавших процессов флюидного массопереноса, определяет потенциальную способность подобных магм формировать сульфидные руды после внедрения их в верхние горизонты земной коры. Надо отметить, что накопленный к настоящему времени материал по петрохимии и геохимии позволяет нам строить качественные или в лучшем случае полуколичественные модели мантийных процессов.

В Чирагдеринском месторождении широко развиты сплошные серноколчеданные руды массивной текстуры с высоким содержанием серы в рудах (от 30 до 53 %). Рассматриваемые месторождения относятся к пиритовому (серноколчеданному) типу семейства колчеданных месторождений. Большой интерес представляет наличие золота и серебра в серноколчеданных рудах Чирагдеринско-Тоганалинских групп месторождений. При образовании главной массы вторичных кварцитов Чирагдеринского рудного поля ведущая роль принадлежала галоид-

ным кислотам. Наименее подвижными компонентами при образовании вторичных кварцитов являются Si, Al, Ti и Fe, которые и входят в состав постоянных минералов вторичных кварцитов. Наиболее подвижными являются K, Mg, Na и Ca, которые фиксируются во внешних фациях, а последний (кальций) – только в пиррофиллитовой фации, на переходе в неизменные породы. Привносились из вулканического очага только H₂O, S, F, Cl, P, B и тяжелые металлы (кроме железа).

Колчеданные руды приурочены исключительно к толще кварцевых порфиров, хотя в участках месторождений последние непосредственно перекрываются вулканогенными породами бата. В гальках вторичных кварцитов с пиритом и без него обнаружены также зуниит, диаспор, пиррофиллит, рутил и другие минералы, характерные для материнских вторичных кварцитов Чирагдеринского месторождения. По мнению ряда исследователей в Чирагдеринском месторождении в локализации оруденения важную роль сыграли покровные породы.

Таблица 1. Анализы флюидов в различных типах вторичных кварцитов Чирагдеринского месторождения

№№	Порода	SO ₃	H ₂ O	CO ₂	Cl	F	S
1	3	4	5	6	7	8	9
1	Кварцевый плагиопорфир	0,26	2,95	-	-	-	
2	Пиритизированный каолиновый кварцит	2,46	0,88	-	-	-	
3	Диккитовые кварциты	1,03	3,70	-	-	-	
4		1,21	6,86	-	-	-	
5		0,17	6,93	-	-	-	
6	Диккитовые кварциты с пиритом	5,46	3,48	-	-	-	
7		4,16	3,12	-	-	-	
8	Диаспоровые кварциты с пиритом	6,95	1,80	-	-	-	
9		15,68	1,50	-	-	-	
10		4,04	5,20	-	-	-	
11	Дикит-пирит-диаспоровая порода	18,36	5,22	-	-	-	
12	Зуниитовые кварциты с пиритом	0,23	3,73	0,73	2,74	0,17	
13		4,15	2,41	0,49	1,82	0,12	
14	Зуниитовый кварцит	-	2,12	-	0,43	1,60	
15	Диккито-зуниитовые кварциты	0,63	2,32	-	0,30	1,12	
16		-	2,37	-	0,31	1,14	
17		1,76	1,21	-	-	2,09	
18	Диккито-флюоритовый кварцит	1,05	3,20	-	-	-	

Гидротермально-метасоматическое изменение кварцевых порфиров и сульфидоотложений являются двумя последовательными стадиями минерализации, причинно связанными с деятельностью единого вулканического очага в верхнебайосское время. С этой точки зрения кварцевые порфиры, вторичные кварциты и серноколчеданные руды находятся в парагенетической связи, будучи связанными с единым глубинным очагом – кварцпорфировой магмой. Исследователями допускается, что при подъеме магмы в верхней части Земной коры или при внезапном уменьшении внешнего давления на магматический расплав из последнего быстро выделяется газовая фаза (табл. 1).

В результате геохимических и петрографо-минералогических исследований было установлено, что в нерудной вулканогенной толще имеется зональность в изменении состава пород по направлению от подошвы к кровле: апоэффузивные кварциты–гранофиры-риодациты-дациты, образовавшиеся в результате проникновения последующих флюидных потоков. Данный ряд пород играет роль экрана для концентрации рудных элементов в ниже залегающих образованиях. Все медно-колчеданные месторождения локализованы ниже этого ряда пород, что дает основание считать их рудоконтролирующим фактором. Руды, распространенные в Чирагдеринском рудном поле очень характерны с геохимической точки зрения. Так как распределение в рудах элементов Fe, Cu, Zn, Pb, Bi, Au, Ag, Cd, Hg, Co, Ni, Ga, Ge, As, S, Se, Tl и др. представляет большой интерес и имеет очень важное геохимическое значение.

Литература

1. *Абдуллаев Р.Н.* Петрологические и металлогенические особенности мезозойского вулканизма Малого Кавказа. Баку, 1965.
2. *Алиев В.И.* Околорудные гидротермально-метасоматические изменения в Чирагидзор-Тоганалинском рудном поле. Баку: Изд-во АН Азерб.ССР, 1965.
3. *Коржинский Д.С.* Взаимодействие магм с трансмагматическими флюидами. Зап. ВМО. Ч. 103; Вып. 2, 1974.
4. *Makhmudov Kh.I., Samedova K.F.* Role of fluids in mesozoic endogenic ore formations. 62 Turkey Geology Kurultay, april 2009.
5. *Рябчиков И.Д.* Флюидный режим мантии Земли // Труды семинара Отделения «Проблемы глобальной геодинамики и металлогении». Вестник РАН. 1999. №3.
6. *Эфендиев Г.Х.* Гидротермальный рудный комплекс северо-восточной части Малого Кавказа. Баку: Издательство АН АзССР, 1957.

ДОННЫЕ ФЛЮИДЫ И БАКТЕРИАЛЬНЫЕ МАТЫ В ОЛИГОЦЕНЕ КАРПАТ

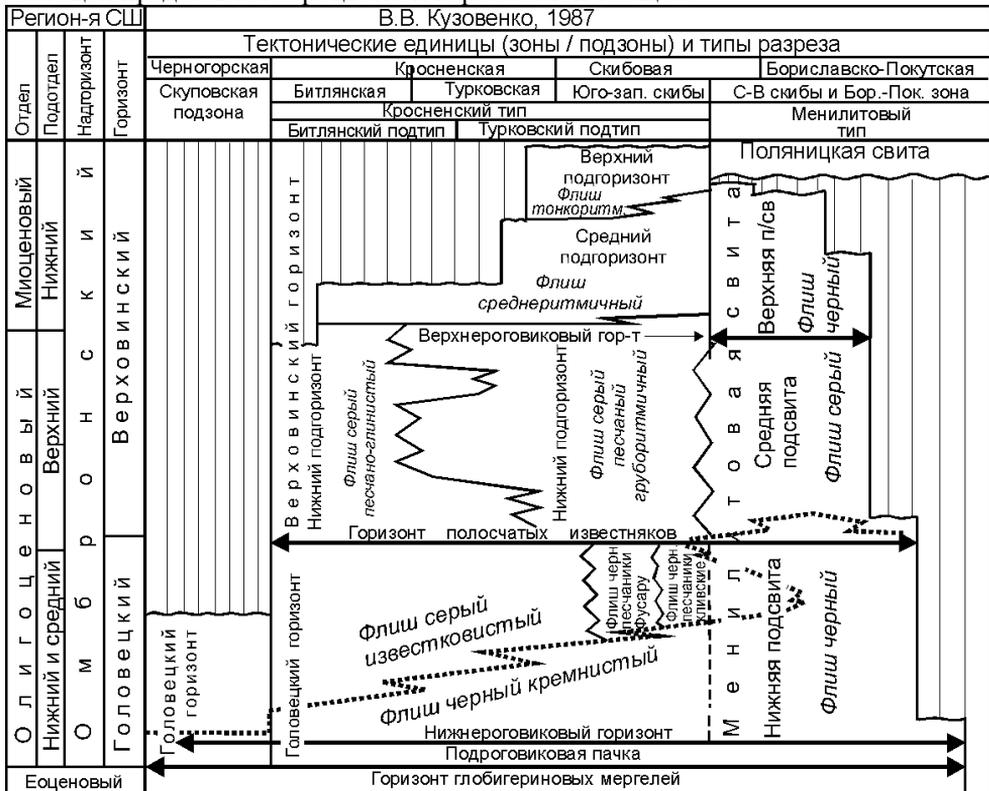
Д.В. Мачальский

Украина, НАК «Недра Украины», ДП «Западукргеология»
ул. Зеленая, 111, г. Львов, 79035, Украина, e-mail: dijumast@ukr.net

In Oligocene of Ukrainian Carpathians the rockforming rests of Prokaryotes are established. From Cyanobionta *Cyanarcus* sp. occupied the coccolithic muds, *Gloeocapsaceae* and *Hormogoniophyceae* – terrigenous and volcanigenous sediments, *Oscillatoriaceae* and *Pleurocapsaceae* formed the cyanobacterial mats (siliceous and carbonate). The organism's development and type of organogenic rocks were determined by ground fluids composition.

Среди факторов седиментогенеза особую роль играет деятельность микроорганизмов-прокариот [Розанов, Заварзин, 1997]. Современную ее модель представляют высокопродуктивные бактериальные сообщества океанов, которые существуют на глубоководных выходах гидротерм, восстановленных газов и углеводородов [Лобье, 1990]. Эти данные позволяют по-новому взглянуть на некоторые особенности строения олигоценовой черносланцевой формации Карпат.

Темноцветная менилитовая фация в разрезе олигоцена Украинских Карпат наиболее полно представлена во внешних тектонических единицах как менилитовая свита. К более внутренним тектоническим единицам мощность ее закономерно уменьшается к подошве олигоцена, замещаясь вверх по разрезу сероцветной кросненской фацией. В наиболее внутреннем Пенинском покрове нижний олигоцен представлен сероцветной карбонатной толщей.



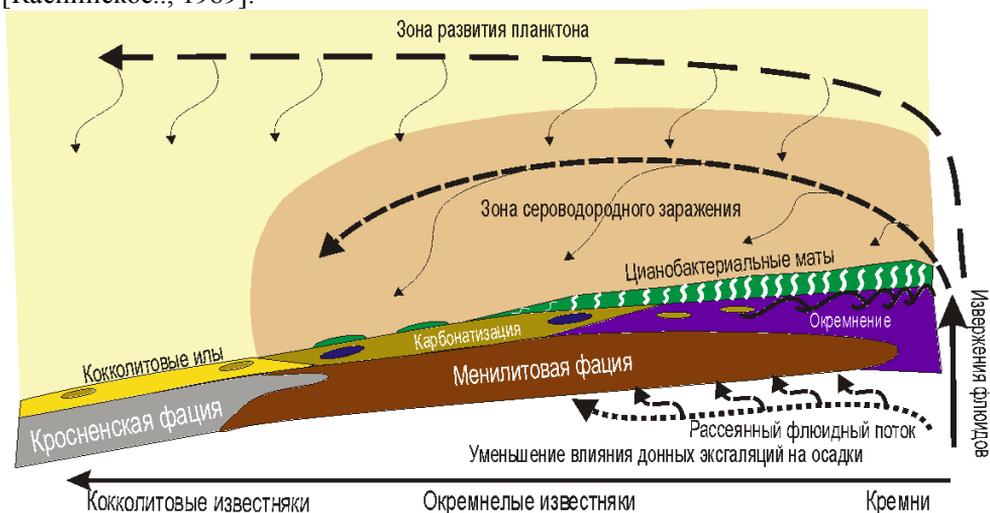
В разрезе ритмично выделяются маркирующие горизонты кремней и известняков: региональные нижнероговиковый и полосчатых известняков, локальный – верхнероговиковый. По преобладающему составу в них выделяют кремневую и карбонатную литофации. При этом, снизу вверх уменьшается мощность и площадь распространения горизонтов и их литофаций. Кремни и известняки в их составе замещают друг друга как по латерали, так и по разрезу. В целом, кремни связаны с темноцветной менилитовой фацией и, соответственно, находятся в подошве нижне- и верхнеменилитовой подсвита, а в сероцветной кросненской фации сменяются известняками. Верхнероговиковый горизонт известен только в кремневой фации.

Горизонты выделяются аномалиями. В их составе генетически связаны кремнезем, битум и сульфиды железа, характерные для менилитовой фации. Парагенетически с ними связан карбонат. К горизонтам кремней и известняков тяготеют явления оплывания осадков, тиксотропного перераспределения вещества в слоях, подводного оползания (олистостромы), а также кластические дайки, вулканогенные породы (туффиты и бентониты) и аномалии микроэлементов (V, Mo, U, Sr, Mn, Ba) [Мачальський та ін., 2005].

Происхождение горизонтов и их аномалий обычно объясняют осаждением планктона, связанным с периодической активностью гидротерм [Маевский, 1994]. Доказан кокколитовый состав известняков [Андреева-Григорович и др., 1974], а для битуминозных кремней лишь предполагается происхождение из диатомового осадка [Попп I., Мороз, 2007]. Достаточно убедительно доказано наличие в менилитовом палеобассейне донных источников углеводородно-водного состава [Маевский, 1994]. А современные наблюдения показывают, что на таких источниках обязательно развиваются высокопродуктивные донные сообщества микроорганизмов [Логвина, Егоров, 2003].

Исследования шлифов под световым микроскопом при максимальном увеличении выявили фоссилизированные остатки цианобактериальных матов [Мачальский, 2009]. Связанные с ними осадки были выделены в бентоногенную, а осадки с преобладанием планктонных водорослей – в планктоногенную фацию маркирующих горизонтов. В породах бентоногенной фации полосчатые текстуры сложены фоссилизированными цианобактериальными матами с остатками цианей: окремнелыми *Oscillatoriaceae* (*Phormidium* sp., *Lyngbya* sp.) и доломитизированными *Pleurocapsa* sp. В породах со значительной долей терригенного или вулканогенного материала встречаются окремнелые клетки и колонии цианей *Gloeocapsa* sp. и битуминизированные нити *Normogoniophyceae*. Планктоногенные известняки нередко сложены остатками *Synalga* sp., которые вероятно развивались в кокколитовых илах. Во всех типах фоссилий прокариот выявлены структуры прижизненного захоронения.

Эти находки подтверждают деятельность донных источников в палеобассейне. Наличие в породах сингенетических выделений битума и кремнезема указывает на углеводородно-водный и гидротермальный состав флюидов. Распределение микроэлементов также показало смешение "гидротермальной" и "кластогенной" ассоциаций [Мачальский та ін., 2005]. Такой характеристике отвечают флюиды нефтегазоносных бассейнов с проявлениями грязевого вулканизма [Каспийское..., 1989].



Эти данные позволяют предложить модель образования известняково-кремневых горизонтов и битуминозных толщ олигоцена Карпат. Активизации тектонических

движений периодически вызывали массовые извержения донных источников. Наиболее мощная из них произошла в начале олигоцена. Ее следствием стало образование нижнероговикового горизонта. Две меньшие образовали региональный горизонт полосчатых известняков и локальный верхнероговиковый. Усиление в эти периоды флюидного потока отражено в литологических и геохимических аномалиях и подтверждается наличием сингенетических выделений кремнезема и битума.

Флюидный поток вызвал массовое размножение бактерий в верхних слоях осадков. Углеводороды и минеральные вещества этих флюидов бактерии перерабатывали в легко усваиваемые органические соединения. Это создавало условия для существования цианофитов и образования цианобактериальных матов. Флюид перехватывался такими покровами, что вызывало их минерализацию. Вероятно, кремнисто-битуминозные флюиды вызывали развитие цианей семейства осцилляториевых, а углекислые – плеврокапсовых с образованием соответственно окремнелых и карбонатизированных матов. В битуминозных породах развивались глеокапсовые и гормогониевые цианеи.

Мощные выбросы должны были прорывать бактериальные маты и, подобно современным гидротермам, распространятся в виде облака, прижимаясь к дну бассейна [Геотермальная..., 1990]. Это вызывало сероводородное заражение придонных вод на пути распространения облака или, в период общей активизации – в значительной части бассейна. При этом, питательные и минеральные вещества флюида способствовали развитию микроорганизмов в поверхностном слое осадка, что создавало темноцветные отложения. Следствием мощных выбросов флюидов были также «заморы» рыб и отложения «рыбных» слоев, связанные с известняково-кремневыми горизонтами.

Питательные вещества насыщали также поверхностные воды и вызывали массовое размножение планктона – кокколитофорид и диатомей. Поэтому прослой кокколитового и диатомового состава участвуют в бентоногенных и полностью слагают планктоногенные фации горизонтов. Последними являются полосчатые известняки, а для верхнероговикового горизонта – возможно диатомиты, которые известны в верхнем крсно Польских Карпат.

Таким образом, специфику менилитового палеобассейна Карпат определяла активность донных флюидов, вероятно, в сочетании с особыми палеогеографическими условиями. Стратиграфически с ним сопоставляется уникальное осадочное рудообразование Восточного Паратетиса: марганцевое (Никополь, Чиатури), ураново-редкометальное (Мангышлакский и Ергенинский рудные районы), оолитовых железных руд (Северное Приаралье, Устюрт) [Геологические и биотические события..., 1998]. При изучении генезиса этих руд так же накапливаются данные об участии прокариот и донных флюидов.

ДЕГАЗАЦИЯ ЗЕМЛИ – СЛЕДСТВИЕ БОЛЕЕ ОБЩЕГО ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО МЕХАНИЗМА – СЕПАРАТОГЕНЕЗА ИЛИ ГЕОСФЕРОГЕНЕЗА

О.А. Мельников

Россия, 693022, г. Южно-Сахалинск, ул. Науки, 1 Б. Институт морской геологии и геофизики
Дальневосточного отделения Российской академии наук

Degasation of the Earth as a geological process began from the moment of the origin of the Earth as a planet, actively continues now, involves all spheres or geospheres forming the Earth, being the part of more common geodynamical process or mechanism – geospherogenesis or separatorogenesis.

Дегазация Земли как отдельный и самостоятельный общеземной (глобальный) геологический процесс привлекает все большее внимание не только чисто научной, но и более широкой, едва ли не общемировой общественности, в связи с поднятой средствами массовой информации шумихой по вопросу о так называемом глобальном потеплении, его последствиях и причинах. С научной точки зрения дегазация Земли началась с момента зарождения Земли как планеты, то есть не менее 4,5 миллиардов лет назад, непрерывно продолжалась в течение всего этого времени, продолжается сейчас и несомненно будет продолжаться в будущем по меньшей мере до тех пор, пока Земля будет существовать как планета в составе Солнечной системы. Наиболее крупным и отчетливым геологическим телом, возникшим в результате этого длительного геологического процесса, является современная внешняя общеземная газовая оболочка или геосфера, называемая атмосферой, хотя не исключено, что в формировании современной атмосферы приняли какое-то участие газы первичного допланетного газо-пылевого облака, из которого яко бы (по гипотезе О.Ю.Шмидта хотя бы) сформировалась наша Солнечная система, но о составе газа в этом облаке ничего конкретного не известно и трудно надеяться, что будет что-то известно в ближайшем будущем.

В составе современной атмосферы Земли – механической смеси многих газов на уровне моря по данным В.А. Соловьева и Л.П. Соловьевой резко преобладает (2008) (78,08%) азот, кислород составляет 20,95%, аргон – 0,93%, углекислый газ – 0,03%. В состав остальной части (менее 0,01%) входят неон, гелий, криптон, водород, озон и некоторые другие газы. Такой состав атмосферы из-за активного турбулентного перемешивания сохраняется до высоты 100–200 км, подразделяясь выше на существенно разные по составу части с резким преобладанием какого-либо одного из газов – азота, кислорода, гелия и, наконец, водорода в наиболее верхней, внешней части.

Современный состав атмосферы Земли – результат весьма сложного, длительного и изменчивого общего процесса своего формирования, с большим трудом воссоздаемого на уровне ряда нескольких различных гипотез, предлагаемых разными авторами. В приведенных В.А. Соловьевым и Л.П. Соловьевой (2008) 8 таких гипотез анализируются поведение в геологической истории Земли (от архея до настоящего времени) таких газов в составе атмосферы как кислород (прежде всего), углекислый газ, метан и азот в системе активно взаимодействующих между собой в основном трех геосфер: литосферы – гидросферы – атмосферы, иногда с добавлением к ним еще одной четвертой геосферы – биосферы.

Не отрицая важной роли в формировании атмосферы каждого из вышеперечисленных факторов и ту или иную обоснованность каждой из предлагаемых гипотез, было бы весьма желательно определиться с основным механизмом в этом процессе – процессе общей дегазации Земли, конечным результатом которой и является современная атмосфера нашей планеты. В большинстве предлагаемых гипотез такой механизм либо вообще не рассматривается, либо полностью отождествляется с самим процессом дегазации как простое поступление различных газов из глубин Земли, прежде всего из литосферы или из магмы при вулканизме. Такой механизм должен быть предельно глобальным, то есть охватывать всю Землю со всеми ее геосферами, включая ядро и мантию, а не только самые верхние оболочки – литосферу, гидросферу и атмосферу. По существу этот механизм должен объяснять происхождение или образование всех земных оболочек – геосфер и именоваться поэтому геосферогенезом. Что же собой представляют геосферы в самом общем виде? В самом общем виде геосферы – это три состояния вещества: твердое, жидкое и газообразное. Современная Земля как известно состоит из чередования таких оболочек (геосфер): твердое внутреннее и жидкое внешнее ядро, твердая мантия и жидкая или пластичная астеносфера, твердая литосфера, жидкая гидросфера и газообразная атмосфера. Что отличает эти оболочки (геосферы) помимо состояния слагающего их вещества? Это плотность или удельный вес. Из всех вышеперечисленных геосфер любая внутренняя оболочка отличается от смежной с ней внешней большей плотностью, и все оболочки в современной Земле по плотности распределены в строгой последовательности от более плотных или тяжелых внутри Земли (твердое внутреннее ядро) к менее плотным или легким внешним оболочкам (атмосфера, подразделяемая по плотности по тому же общему правилу на ряд более дробных оболочек – наиболее плотную тропосферу внизу, последовательно сменяемую выше менее плотными стратосферой, мезосферой, ионосферой).

Такое строгое разделение геосфер по плотности и состоянию слагающего их вещества однозначно объясняется ротационным режимом нашей планеты (формой своего существования) – ее вращением вокруг своей оси и вокруг Солнца в составе Солнечной системы, вызванных гравитационными и электромагнитными полями. Ротационный режим или механизм Земли, прежде всего вращение ее вокруг своей оси, действуя с момента своего образования как единого и предположительно гомогенного планетного тела, вызвал вполне естественное разделение (сепарацию) слагающего Землю гомогенного вещества на опускающуюся к центру планеты более плотную или тяжелую часть и поднимающуюся вверх или всплывающую менее плотную или легкую часть, что в конечном счете и привело к современному разделению Земли на различные по плотности все вышеперечисленные оболочки или геосферы. Поэтому этот общий механизм образования оболочек или геосфер во вращающейся вокруг своей оси Земли помимо геосферогенеза может именоваться сепаратогенезом.

Итак, общим механизмом образования геосфер, в том числе и атмосферы, является геосферогенез или сепаратогенез, то есть разделение слагающего Землю вещества на более плотные и тяжелые внутренние оболочки и менее плотные внешние оболочки. Дегазация Земли, как один из геологических процессов является лишь частью этого общего механизма. Если рассматривать дегазацию Земли с такой точки зрения (а только так, по-видимому, и следует это рассматривать), то напрашиваются следующие выводы:

1. Дегазация Земли началась с момента зарождения ее как планеты – аккреции протопланетного вещества в предположительно гомогенный по составу и состоянию сфероид вращения вокруг своей оси и Солнца.

2. Под влиянием свойственных пространству геофизических полей, прежде всего гравитационного поля в гомогенном по вещественному составу и состоянию сфероиде вращения началась естественная плотностная дифференциация вещества на опускающиеся к центру сфероида более тяжелые части и поднимающиеся кверху легкие части, что в конечном счете и привело к современному разделению (сепарации) Земли на свойственный ей весь ряд оболочек (геосфер) – наиболее тяжелой или плотной в твердом внутреннем ядре и самой легкой во внешней газовой оболочке – атмосферы.

3. Современная атмосфера – смесь различных газов – результат дегазации, а точнее сепарации – закономерном разделении слагающего Землю вещества по плотности от наиболее плотной в центре к сменяемым друг друга в направлении к поверхности менее плотным оболочкам до самой легкой газовой внешней оболочки, причем этот процесс – процесс дегазации захватывал и очевидно до сих пор захватывает все слагающие Землю оболочки, не только литосферу и гидросферу.

4. Наиболее дегазирующими из слагающих Землю современных геосфер являются, по всей видимости жидкие геосферы, то есть помимо гидросферы это и астеносфера, и жидкое внешнее ядро. Выделяющийся в них за счет сепаратогенеза газ поднимается кверху, к внешним границам этих геосфер и возможно скапливается в виде залежей перед перекрывающими их твердыми оболочками: перед твердой нижней мантией, перекрывающей жидкое ядро, и перед твердой литосферой, перекрывающей жидкую или пластичную астеносферу. Газовые залежи в кровле астеносферы порождают и питают «огнедышащий» или газолавопирокластитовый вулканизм, а в кровле жидкого ядра – трещины, пронизывающие ставшую тесной для разуплотняющегося жидкого ядра твердую мантию (плюмы?).

5. Самым верхним сосредоточенным дегазатором Земли является так называемый газоводолитокластитовый или «грязевой» вулканизм, питаемый газом из скоплений или залежей, образующихся в верхах земной коры, по всей видимости, из двух источников: глубинного – дегазация всех слагающих Землю геосфер от ядра до атмосферы (неорганический источник) и близповерхностного (земно-корового) – дегазация всего комплекса осадочных формаций в результате распада захороненного в них органического вещества (органический источник).

Литература

1. Мельников О.А. Динамическая модель земной коры // Восточноазиатские островные системы. Южно-Сахалинск, 1978. С. 27-32.
2. Мельников О.А. Структура и геодинамика Хоккайдо-Сахалинской складчатой области. М.: Наука, 1987. 96 с.
3. Соловьев В.А., Соловьева Л.П. Глобальная экономия. Краснодар, 2008. 466 с.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ТЕПЛОВОГО ПОЛЯ В МЕЗОКАЙНОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ ЗАПАДНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ

Т.Б. Микерина

Краснодар, КубГУ

The regularities of variation of geothermal conditions in Mesozoic and Cenozoic deposits of West Precaucasus are considered

Для достоверной оценки перспектив нефтегазоности выделенных литолого-стратиграфических комплексов любого изучаемого нефтегазоносного бассейна необходимо выявить особенности изменения теплового поля и его влияние на степень преобразованности рассеянного органического вещества пород.

Таблица 1. Распределение пластовых температур и геотермических градиентов

Глубина, м	Геотермический градиент °С/100	
	Макс.–мин.	Макс.–мин.
3000	140–80	4.7–2.7
5000	180–130	3.6–2.6
7000	230–160	3.3–2.3

Таблица 2. Распределение параметров теплового поля мезокайнозойских отложений Западного Предкавказья

Возраст	Количество тепла, прошедшее через породу (*10 ⁸ кал/см ²)		
	Геотермический градиент (°С/100)	Удельный тепловой поток (*10 ⁻⁶ кал/см ² *сек)	Количество тепла, прошедшее через породу (*10 ⁸ кал/см ²)
	макс.–мин.	макс.–мин.	макс.–мин.
Ср. триас	3.7–3.3	1.45–1.05	98.02–72.8
В. триас	4.3–3.3	1.45–1.41	100.48–98.02
Н. юра	5.1–2.9	1.95–1.4	119.38–80.26
Ср. юра	5.6–3.1	2–1.4	101.42–70.99
В. юра	4.5–3.2	2–1.08	94.5–50
Н. мел	5.8–2.8	2.03–1.08	81.9–39.8
В. мел	5.9–3.1	1.36–1.25	63.2–37.4
Палеоцен	6–3.2	2.5–1.3	51.17–22.51
Эоцен	5.5–3.1	1.69–1.08	28.57–15.3
Майкоп	7–3	1.7–0.95	22.04–10.47
Миоцен	6.9–3.2	1.69–0.87	9.58–3.81

В результате обобщения и интерпретации фактических и расчетных данных установлены закономерности изменения таких параметров теплового поля как пластовая температура, геотермический градиент, удельный тепловой поток и суммарный тепловой поток или количество тепла, прошедшее через породы, что, в свою очередь, позволило детализировать степень катагенетической преобразо-

ваности органического вещества (ОВ) по площади и по разрезам мезокайнозойских отложений Западного Предкавказья и Северо-Западного Кавказа.

Построенные В.Н.Матвиенко для Западного Предкавказья карты геоизотерм для глубин 3000, 5000 и 7000 м показали наличие двух температурных аномалий, приуроченных к зонам поднятий (Тимашевская ступень, Адыгейский выступ, Динской и Армави́ро-Невино́мысский валы, северный борт Северо-Западного Кавказа и др.). Кроме того, с увеличением глубины и, соответственно, пластовых температур величины геотермических градиентов уменьшаются независимо от возраста отложений (таблица 1).

При изучении особенностей нефтегазообразования и нефтегазоаккумуляции в мезокайнозойских отложениях были рассмотрены закономерности изменения параметров теплового поля в триасовых, юрских, меловых, палеогеновых и неогеновых отложениях (табл. 2). При более детальном изучении теплового поля разновозрастных отложений видно, что величины геотермических градиентов не подчиняются линейной зависимости от глубины залегания осадочных пород. Это может быть связано как с различной глубиной залегания разновозрастных пород, так и с неоднородностью их литологического состава, поскольку от литологического состава породы зависит их теплопроводность. Наибольшей теплопроводностью обладает соль, затем песчаники, далее – уголь. Для верхнеюрских отложений с наличием в разрезах галогенных толщ отмечается снижение геотермических градиентов. Наибольшие величины геотермических градиентов для мезокайнозойских отложений фиксируются в верхней части меловых отложений в зоне сочленения Северо-Западного Кавказа и Западно-Кубанской впадины и Адыгейского выступа. Наиболее высокими значениями геотермических градиентов в кайнозойских отложениях характеризуются майкопские осадки. Все повышенные значения геотермических градиентов в разновозрастных отложениях приурочены к зонам поднятий.

Величины геотермических градиентов, как правило, обусловлены величиной удельного теплового потока в данной точке. Величина удельного теплового потока меняется, повышаясь с вариациями от более древних отложений к более молодым. Аномальные значения величин удельных тепловых потоков, как и геотермических градиентов связаны с зонами поднятий. Например, для меловых отложений характерно увеличение величины удельного теплового потока с севера (Ирклиевская впадина) на юг (Адыгейский выступ) с $1,08$ до $2,03 \cdot 10^{-6}$ кал/см²*сек.

Среди факторов, определяющих катагенетическую преобразованность рассеянного органического вещества, помимо абсолютных значений температур, удельных тепловых потоков, большое влияние оказывает количество тепла, прошедшее через горные породы, и, соответственно, длительность этого воздействия. Количество тепловой энергии, прошедшее через мезокайнозойские отложения меняется в очень широких пределах – от $3,81$ до $119,38 \cdot 10^8$ кал/см². В целом, величины теплового потока, прошедшего через породы, снижаются от триасовых отложений к миоценовым. При этом, не наблюдается прямолинейной зависимости суммарной величины теплового потока от возраста осадков. На величину тепловой энергии разновозрастных отложений в сторону увеличения могут влиять процессы палеовулканизма, тогда как при длительном перерыве в осадкоаккумуляции суммарная величина теплового потока может быть занижена по сравнению с наблюдаемой катагенетической преобразованностью органического вещества отложений. Как и величины пластовых температур, геотермических

градиентов, удельных тепловых потоков, максимальные значения суммарных тепловых потоков фиксируются в зонах поднятий.

Наличие связи между степенью катагенетической преобразованности органического вещества и тепловыми потоками, прошедшими через породы, позволило на основании геохимических данных о структурно-групповом составе хлороформенных битумоидов и данных об отражательной способности витринита построить карты катагенеза ОВ для нижне-, средне-, верхнеюрских и меловых отложений Западного Предкавказья.

УГЛЕРОДИЗАЦИЯ И ПРИРОДНЫЕ АМАЛЬГАМЫ ЗОЛОТА И ПЛАТИНЫ ФАДЕЕВСКОГО РУДНО-РОССЫПНОГО УЗЛА (ПРИМОРЬЕ)

В.П. Молчанов, Е.И. Медведев, Л.П. Плюснина

Дальневосточный геологический институт ДВО РАН

На юго-западе Приморья известны комплексные россыпи золота, платины и ртути, сформированные за счет разрушения полигенных и полихронных руд. Пространственное совмещение гипергенных многоминеральных сообществ ставит много вопросов в проблеме поиска и прогнозной оценки их коренных источников. Представляется, что в данном направлении большую помощь окажет изучение в ультрамалом масштабе минералов благородных металлов из рыхлых отложений Фадеевского узла, вероятно, связанных единых генетической нитью.

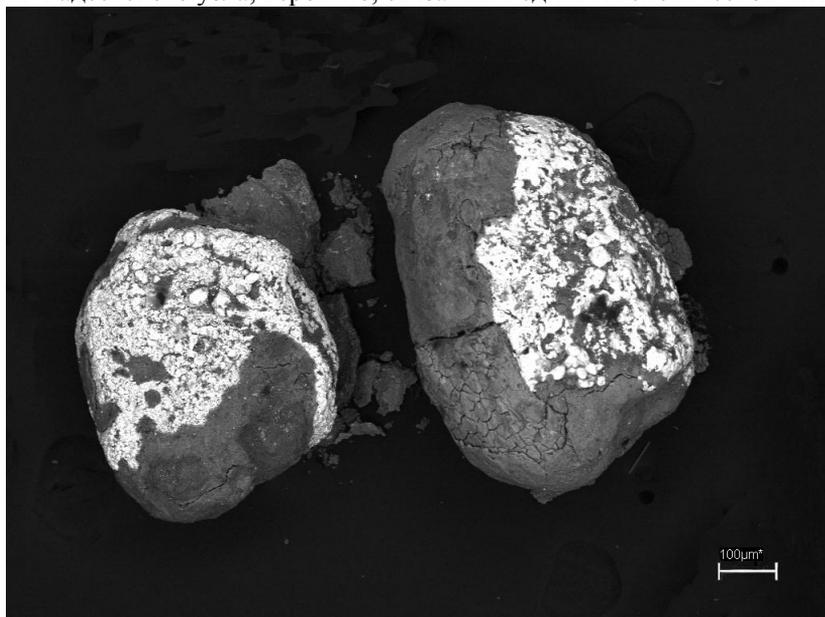


Рис. 1. Зерна природной амальгамы золота в углеродсодержащей оболочке

Особенности геологической позиции изученного узла определяются пространственной приуроченностью к области тектоно-магматической активизации на стыке Ханкайского и Лаоелин-Гродековского террейнов. Геолого-геофизические исследования демонстрируют наличие в осадочном чехле скрытого разлома глубинного заложения [1].

В низах стратифицированного разреза этой площади развиты базальто-кремнисто-туфогенные, кремнисто-глинистые, аргиллитовые и туфогенно-песчаниковые отложения (S_{1-2}). Их перекрывают вулканогенно-осадочные толщи пермского возраста (P_{1-2}) и эффузивы кислого состава (P_2). Породы вулканогенно-терригенного комплекса, включающего черные сланцы, прорваны на юге крупными массивами гранитоидов (P_2), а на севере небольшими телами габброидов и сиенитов.

Среди минералов тяжелой фракции шлихов рыхлых отложений р.р. Фадеевка (система водосбора р. Раздольная) и Золотая (бассейн р. Нестеровка), дренирующих гранитоиды и черносланцевую толщу соответственно на юге и севере площади, диагностированы серебристое золото, а также сульфиды (пирит, арсенопирит, сфалерит, галенит, молибденит), касситерит, вольфрамит, минералы висмута. Значительная доля черного шлиха приходится на ильменит, магнетит, хромшпинелиды, гранаты, рутил, сфен. Отличительной чертой северных россыпей является присутствие уникальной ассоциации природного ртутистого золота, минералы металлов платиновой группы (в первую очередь изоферроплатина), киновари, самородных металлов и карбидов. Целью данной работы является уточнение генетической информации, заложенной в минералах благородных металлов этой необычной ассоциации.

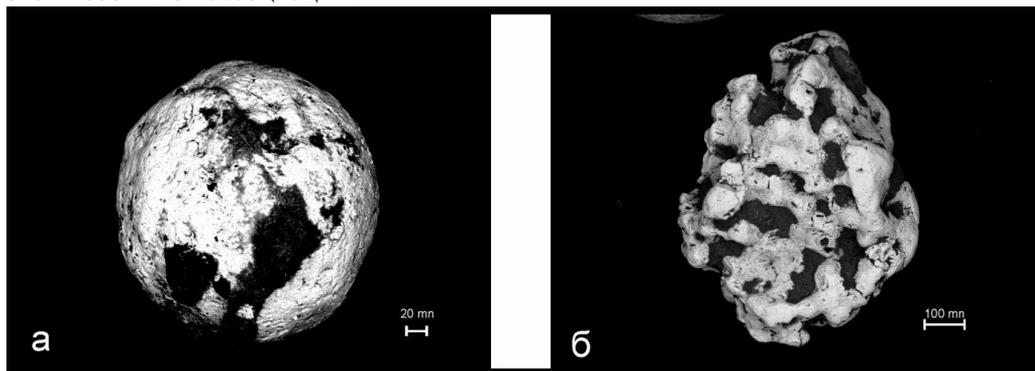


Рис. 2. Сфероиды железистой платины с фрагментами углеродистой пленки

Природная амальгама золота представлена фрактальными зернами, примазками трубчатой формы на ильменитах [2, 3], сфероидальными образованиями. Остановимся на последних. Визуально это шаровидные обособления, покрытые плотной оболочкой темного цвета (рис. 1). Поверхности фрагментов золота, свободных от пленки, характеризуются хорошей сохранностью. Создается впечатление, что эти частицы амальгамы осуществляли миграцию в водных потоках внутри механически прочных контейнеров. Незначительные нарушения материала контейнеров указывают на относительную близость коренного источника.

Химический состав природной амальгамы, по данным сканирующей элек-

тронной микроскопии (EVO-50), довольно постоянен и варьирует в узких пределах (мас.%): Au – 82–84; Hg – 6–9; Rb, Fe, Mn, – 0–1; O, N – 0–4; C – 4–7. С поверхности золотины, как уже отмечалось, покрыты микро-наноразмерной пленкой толщиной не более 1–1,5 мкм, состоящей из O (до 50 мас.%), Mn (до 30 мас.%), Fe (до 20 мас.%), Si, Al (до 10 мас.%), Ca, Cl, K (до 1 мас.%).

Наиболее примечательны повышенные концентрации Hg (до 8 мас.%), Ba и Tl (до 3 мас.%). На поверхности оболочек были обнаружены разнообразные по элементному составу микро-наночастицы, представленные кинноварью, самородными свинцом и медью. В сущности состав материала оболочек аурамальгамы отвечает составу сухих металлоносных флюидов глубинного происхождения.

Другой интересной находкой является обнаружение природной амальгамы платины (рис. 2 а, б). Обычно она встречается в виде мелких сфероидальных выделений (редко с вкраплениями амальгамы золота), частично покрытых, как и в случае с зернами природной аурамальгамы, микро-наноразмерной пленкой.

Основными микропримесями железистой (до 7 мас.%) платины, являются Cu и Rh (до 3 мас.%). Распределение ртути неравномерное. Если на отдельных участках съемки ее концентрация достигают 7 мас.%, то в других точка Hg отсутствует. Неоднородность состава ферроплатины, вероятно, является следствием её кристаллизации, как и золота [4], из газовой фазы. Весьма примечателен состав включений золота в ртутистой платине. В них, помимо Au (32.3 мас.%), присутствуют Pt (42. мас.%), Hg (15,8) и Ag (1,2 мас.%). Сохранившиеся фрагменты оболочки на поверхности зерен платины по составу близки материалу контейнеров природной аурамальгамы: O (до 47 мас.%), Si (до 25 мас.%), Al (до 15 мас.%), C (до 10 мас.%), K, Cl, Ca (до 2 мас.%). Примечателен довольно высокий уровень концентраций Hg (до 5 мас.%).

Первые упоминания о природных амальгамах Au и Pt в отечественной литературе относятся к началу прошлого века [5]. Они были обнаружены в золото-платиноидных россыпях острова Борнео. О находке амальгамы в россыпях р. Кия (Западная Сибирь) и р. Хингоу (Таджикистан) упоминает А.А. Сауков [6]. Природные амальгамы Au и Pt распространены [7] в россыпях бассейна р. Кама (Урал).

По-видимому, по участкам проявления амальгамы Au и Pt можно распознавать разломы глубинного заложения, используемые в качестве путей движения Hg-содержащих флюидов, в которых ртуть ассоциирует с «мантийным» гелием [8, 9]. Видимо, находки частиц природных амальгам золота и платины можно рассматривать, как свидетельство флюидной дегазации Земли, проявляющейся в процессе тектоно-магматической активизации в осадочном чехле окраин Ханкайского и Лаоелин-Гродековского террейнов.

Исследования выполнены при поддержке грантов РФФИ (№ 09-05-12060, 09-05-98545).

Литература

1. Хомич В.Г., Борискина Н.Г. Глубинное строение и золотоносность Юго-Востока России // Геология и разведка. 2009. №6. С. 32-38.
2. Молчанов В.П., Ханчук А.И., Медведев Е.И., Плюснина Л.П. Уникальная ассоциация природной амальгамы золота, кинновари, самородных металлов и карбидов Фадеевского рудно-россыпного узла, Приморье // Доклады Академии наук. 2008. Т. 422. № 4. С. 536–538.

3. Молчанов В.П., Ханчук А.И., Медведев Е.И., Плюснина Л.П. Находки наноструктур природного ртутистого золота на поверхности кристаллов ильменита Фадеевского рудно-россыпного узла (Приморье) // Докл. АН. 2009. Т. 428. №5. С. 659-662.

4. Паддефет Р. Химия золота. М.: Мир, 1982. 264 с.

5. Черник Г.П. К минералогии острова Борнео // Труды Геол. Музея им. Петра Великого Императорской АН. Санкт-Петербург. 1912. Т. 6. С. 112-118.

6. Сауков А.А. Минералы СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1940.

7. Гореликова Н.В., Наумов В.А., Магазина Л.О. Природные амальгамы Au и Pt в золотоносных россыпях Верхнекамской впадины // Самородное золото: типоморфные ассоциации, условия образования месторождений, задачи прикладных исследований. Т. 1 М.: Изд-во ИГЕМ, 2010. С.156-159.

8. Озерова Н.А. Ртуть и эндогенное образование. М.: Наука. 1986. 155 с.

9. Степанов В.А., Моисеенко В.Г. Геология золота, серебра и ртути. Владивосток: Дальнаука, 1993. 228 с.

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ГЛУБИННОГО СТРОЕНИЯ ФЕРГАНСКОЙ ВПАДИНЫ И ИХ СВЯЗЬ С РАЗМЕЩЕНИЕМ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА

Д.О. Мордвинцев

НУ Уз, г. Ташкент, Узбекистан

The specifics of situation of geoblocks with anomal physic parameters are presented. Correlation depends of oil-gas deposits situation and revealed geoblocks are determined.

Несмотря на более чем вековую историю изучения Ферганской впадины, до сих пор остаются остро дискуссионными вопросы, касающиеся ее заложения, глубинного строения и истории геологического развития [3]. Тем не менее, уже более ста лет она продолжает оставаться одним из основных нефтедобывающих регионов Средней Азии. В общем спектре проблем вопросы генезиса нефти и газа также на одном из первых мест. Для углеводородов эта тема неразрывно связана с проблемами прогноза размещения месторождений и изучения глубинного геологического строения. Большинство исследователей придерживаются традиционной, органической гипотезы их происхождения. Набирающие повсеместно силу представления о глубинном (неорганическом) и смешанном генезисе, не отрицающем, тем не менее, и роль органического вещества в вопросах нефтегазообразования, делают эту связь еще более значимой.

Исследования последних лет, проводимые как в странах СНГ, так и за рубежом, позволили установить некоторые корреляционные зависимости размещения месторождений углеводородов и некоторых характерных черт глубинного строения. Это приуроченность их к зонам контактов объектов с аномальными (высокими и низкими) петрофизическими параметрами, в частности плотности и скорости [1].

В ходе комплексных региональных геолого-геофизических исследований в разрезе Ферганской впадины нами был выявлен ряд крупных аномально плотных, для своих глубин, объектов [2]. Всего закартировано 12 крупных геоблоков (табл. 1, рис. 1), из которых три располагаются в пределах Южного борта, шесть – на Северном борту и сопредельных территориях, три – в пределах Центрально-

го грабена. При этом два из них приурочены сразу к двум тектоническим структурам: Кокандский – к Центральному грабену и Южному борту, Андижанский – к Центральному грабену и Северному борту.

Таблица 1

№№	Название объекта	Размеры, км	Глубина залегания, км	Эффективная плотность, г/см ³
1	Кокандский	до 100	10–17	2,88–2,95
2	Андижанский	до 100	10–26	2,9–2,95
3	Сарыкамышский	32 x 55	д.п.–2	2,88–2,9
4	Ферганский	35 x 50	11–16	2,88
5	Палванташский	20 x 32	д.п.–6	2,9–3,0
6	Западно-Чустпапский	35 x 45	10–17	2,86–2,9
7	Сумсарский	25 x 35	д.п.–5	2,87–2,9
8	Исковатский	30 x 37	11–14	2,95–2,97
9	Майлисайский	35 x 45	2–8	2,85–2,92
10	Избаскентский	20 x 37	4–8	2,86–2,95
11	Папский	8 x 15	0–2	2,92
12	Кызыл-джарский	15 x 20	д.п.–3	3,0

Два крупнейших геоблока вполне вероятно могут являться реликтами мантийных диапиров (плюмов), явившихся причиной заложения собственно самой Ферганской впадины.

Петрологически, по данным И.Х. Хамрабаева, выявленные геоблоки могут представлять собой тектоно-магматические образования основного состава, близкие к субщелочным базальтоидам, габброидам и долеритам. Следует обратить внимание также на то, что Кокандскому геоблоку соответствует крупная одноименная магнитная аномалия, результаты интерпретации которой дают тот же порядок глубин, что получен в процессе геоплотностного моделирования.

Помимо высокоплотных были закартированы и сильно разуплотненные образования. По своим физическим параметрам они сопоставимы с магматогенными телами кислого состава. Их средняя эффективная плотность от 2,48 до 2,6 г/см³, глубина залегания изменяется от выходов на дневную поверхность до 8 км. Размеры сопоставимы с размерами высокоплотных объектов (табл. 2).

Анализ расположения (в плане) месторождений нефти и газа со схемой выделенных блоков с аномальными свойствами показал, что многие месторождения, особенно в пределах Южного борта, тяготеют к зонам контактов между телами с контрастными плотностными свойствами. При этом необходимо, в первую очередь, обращать внимание на контакты между глубокопогруженными геоблоками. В ряде случаев отмечены месторождения, расположенные на границах блоков с высокими (запад Кокандского блока), либо с низкими (восток Андижанского) плотностными характеристиками. Однако недостаток информации о глубинном строении не позволяет сделать более точные выводы о приуроченности их к той или иной зоне.

Таким образом, можно прийти к выводу, что для Ферганской впадины также справедливы (с некоторыми оговорками) выводы, установленные для других нефтегазоносных регионов Узбекистана. Оговорки касаются, в основном, неко-

торого смещения расположения месторождений в сторону разуплотненных объектов, тогда как в других регионах отмечается их смещение к аномально плот-

МЕСТОРОЖДЕНИЯ

1. Ким
2. Айритан
3. Нефтебад
4. Канибадам
5. Рават
6. Варык II
7. Варык
8. Шорсу IV
9. Ачису
10. Чонгара
11. Северный Сох
12. Галча
13. Сарыкамыш
14. Западный Бурдалык
15. Северный Риштан
16. Южный Риштан
17. Сарытак
18. Чаур
19. Чиммон
20. Западный Ханкыз
21. Ханкыз
22. Авваль
23. Восточный Авваль
24. Якатут
25. Западный Палванташ
26. Палванташ
27. Андижан
28. Ходжаабад
29. Хартум
30. Северный Аламышик
31. Южный Аламышик
32. Гумхона
33. Караджида
34. Мингбулак
35. Касансай
36. Чустпап
37. Тергачи
38. Шорбулак
39. Наманган
40. Майлисай
41. Майлису IV

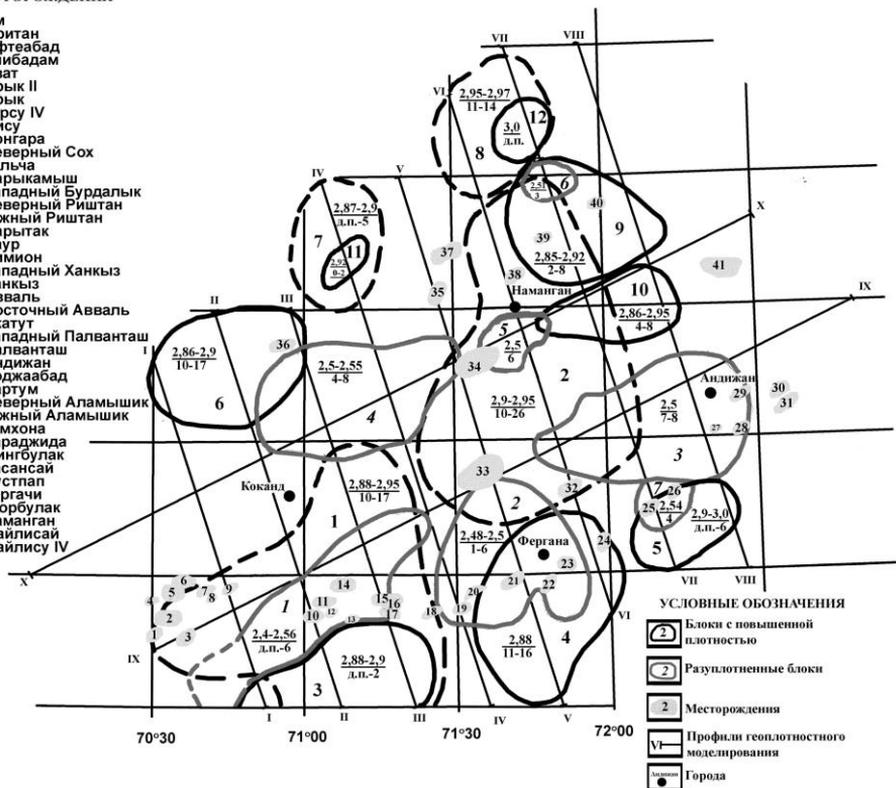


Рис. 1. Схема размещения геоблоков с аномальными петрофизическими параметрами и их корреляция с месторождениями нефти и газа Ферганской впадины

Таблица 2

№№	Название объекта	Размеры, км	Глубина залегания, км	Эффективная плотность, г/см ³
1	Яйпанский	20 x 80	д.п.-6	2,4-2,56
2	Маргилланский	35 x 40	1-6	2,48-2,5
3	Хартумский	30 x 60	7-8	2,5
4	Мингбулакский	32 x 60	4-8	2,5-2,55
5	Наманганский	12 x 20	6	2,5
6	Учкурганский	10 x 15	3	2,51
7	Асакинский	15 x 15	4	2,54

ным. Данное расхождение может быть связано, в первую очередь, с очень сложным геолого-тектоническим строением самой Ферганской впадины, как палеозойских комплексов, так и отложений осадочного чехла. Здесь установлено ши-

рокое распространение надвиговой тектоники, наличием большого количества разрывных нарушений с разным падением.

Все это позволяет, на наш взгляд, с достаточно большой долей уверенности говорить об установлении нового регионального поискового признака при проведении поисково-разведочных работ на углеводородное сырье.

Литература

1. *Бабаджанов Т.Л., Мордвинцев О.П., Бабаджанов А.Т., Хасанов Р.Р.* Новый подход к прогнозированию размещения месторождений полезных ископаемых на основе глубинных критериев. Мат. Межд. Научно-прак. Конф. «Теоретические и практические аспекты нефтегазовой геологии Центральной Азии и пути решения соврем. проблем отрасли». Ташкент, 12 окт. 2009. С. 56-58.

2. *Мордвинцев О.П., Мордвинцев Д.О.* Новые данные о строении доюрских структурных границ Ферганской впадины. Мат. Межд. Научно-прак. Конф. «Теоретические и практические аспекты нефтегазовой геологии Центральной Азии и пути решения соврем. Проблем отрасли». Ташкент, 12 окт. 2009. С. 44-46.

3. *Таль-Вирский Б.Б.* Геофизические поля и тектоника Средней Азии. М.: Недра, 1982. 271 с.

К ВОПРОСУ О ВОЗМОЖНОЙ ПРИРОДЕ ЗАЛОЖЕНИЯ ФЛЕКСУРНО-РАЗРЫВНЫХ ЗОН ПОПЕРЕЧНОГО «АНТИТЯНЬШАНЬСКОГО» ПРОСТИРАНИЯ И ИХ ВЛИЯНИИ НА ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И РАЗМЕЩЕНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СРЕДНЕЙ АЗИИ

О.П. Мордвинцев¹, Д.О. Мордвинцев²

¹ ОАО «Узбекгеофизика», ² НУ Уз, г. Ташкент, Узбекистан

Probably reasons of across, “anti tjan-shan” flexure-disjunctive zones forming, it’s influence on geological structure and characteristics of placing mineral deposits in Central Asia are presented.

Разрывные нарушения являют собой геологические объекты, интерес к которым в последние четверть века постоянно возрастает. Это объясняется их огромным влиянием на геологические процессы, проходящие в земной коре. Разломы – это разнообразный класс геологических структур, отличающихся друг от друга морфологией, возрастом, пространственным положением, глубиной проникновения, временем заложения, длительностью обновления, протяженностью, ролью в развитии смежных блоков земной коры. В подавляющем большинстве случаев крупные разломы представляют собой не одно конкретное нарушение, а зону, шов различной ширины, в пределах которого имеются различно расположенные друг к другу (субпараллельно, кулисообразно, прерывисто и пр.) нарушения неодинаковой протяженности.

Анализ простираения региональных и глубинных разломов Средней Азии (И.М. Алиев, Г.А. Аржевский, М.А. Ахмеджанов, О.М. Борисов, Б.Н. Вольфсон,

И.М. Мелькановицкий, К.К. Пятков, А.К. Бухарин, И.А. Фузайлов, Б.Б. Таль-Вирский и мн. др.) показал, что в Узбекистане широко развиты системы разрывных нарушений различных направлений, среди которых преобладает северо-западное [1, 4, 7].

В предыдущих работах [2, 3, 5] нами было обосновано по материалам комплексной интерпретации выделение флексурно-разрывных зон (ФРЗ) северо-восточного простирания, как особого класса дизъюнктивно-пликативных структур, а также освещены взгляды различных исследователей на их существование и роль в геологическом строении региона.

Накопившейся геолого-геофизический материал о глубинном строении Западного Узбекистана и сопредельных территорий позволяет с определенной долей уверенности утверждать, что северо-восточные ФРЗ, по-видимому, являются не только одними из наиболее древних тектонических структур данного класса (время заложения, вероятнее всего, – допалеозой–нижний палеозой), но и наиболее долгоживущих – активны и по настоящее время (по крайней мере, отдельные их фрагменты). Всего выделено 11 главных и несколько промежуточных, веерообразно расходящихся от некоторой центральной области. Эти структуры, в сочетании с региональными разломами, формируют определенную блоковую картину, каждый из которых, в той или иной степени, отличается строением, историей геолого-тектонического развития, минерагенией и др.

Территории, заключенные между ФРЗ, различаются характером геофизических полей (ΔT) и Δg , интенсивно тектонически переработаны разломами высоких порядков всевозможных направлений. Причем, если для осевых частей ФРЗ типично совпадение в плане особенностей поведения гравитационного и магнитного полей, то для локальных, непротяженных разломов таковое не отмечается. Анализ геофизических карт показывает, что большинство указанных ФРЗ достаточно уверенно трассируются и за пределами Узбекистана – на севере до центральных областей Казахстана, а на юге до Копетдага.

Одним из важнейших показателей глубины проникновения разрывных нарушений в земную кору может служить характер распределения средневзвешенной плотности земной коры. Сопоставление положения ФРЗ северо-восточного простирания со схемой средневзвешенной плотности земной коры можно показало, что между ними наблюдается корреляционная зависимость. Учитывая, что на схеме средневзвешенной плотности обобщены особенности строения всей консолидированной коры вплоть до поверхности Мохо, то можно допустить, что ФРЗ контролируют строение геоблоков по всему разрезу.

Они проявляются (с разной степенью дифференцированности) на поверхности древнего кристаллического фундамента в виде флексурно-разрывных зон, разделяя его на блоки с различными морфологией и гипсометрией. Всё это позволяет прийти к заключению, что рассмотренные ФРЗ были заложены еще до окончания формирования фундамента, либо на заключительных стадиях, так как разделяют его на геологические блоки, различающиеся не только морфоструктурой поверхности, но и особенностями внутреннего строения, петрофизическими параметрами слагающих фундамент пород.

Аналогичная картина и с трассированием исследуемых структур по поверхности промежуточного структурного этажа в пределах Бухаро-Хивинского региона и Среднесырдарьинской депрессии, с той лишь разницей, что в ряде случаев им

соответствуют разрывные нарушения, (иногда весьма протяженные), отчетливо выделяемые по сейсморазведке.

О современной тектонической активности свидетельствует, распределение очагов землетрясений, проявившихся в зоне их влияния, хорошая корреляция с данными о скоростях современных вертикальных движений, а также временные разрезы ОГТ, где выделенные разломы прослеживаются практически до дневной поверхности.

Анализ карт магнитного поля (ΔT)_a по территории Казахстана и Урала показал наличие аналогичных ФРЗ (может быть несколько слабее выраженных), поперечных к общему простиранию структур Урала. Причем по мере продвижения к северу оно постепенно меняется на северо-западное.

Характер всех выделенных ФРЗ указывает на их возможно единую природу образования и то, что, вероятно, они были заложены приблизительно в одно и то же время. Основной причиной их заложения могло послужить (учитывая масштабы явления), внедрение Балхашского астенолита (плюма). Этот объект теоретически обоснован А.А. Абдулиным и Е.И. Паталахой (1970, 1980) и в дальнейшем подтвержден геофизическими методами МТЗ и ГСЗ. В настоящее время размеры его составляет примерно 900 км в поперечнике [5]. По данным С.А. Истековой, предполагаемое начало внедрения – нижний палеозой (O₁₋₂). При этом и на современном этапе сказывается его остаточное влияние в виде аномально высоких давлений и температур на глубинах 120–250 км. Вероятно, данный астенолит является собой реликт крупнейшего мантийного палеоплюма, сказавшемся на истории геолого-тектонического развития всего Средне-Азиатско-Казахстанского региона, начиная с нижнего палеозоя.

Ограниченные тектонически, блоки отчетливо различаются многочисленными признаками, не считая перечисленных выше. Например, по интенсивности осадконакопления в различные эпохи (анализ проводился по БХР), и, что для нас особенно важно, по характеру выявленных в их пределах месторождений как рудного, так и углеводородного сырья. Для последнего одной из основных (по крайней мере, для БХР) следует считать зону VIII, прослеживаемую к юго-востоку от Бухары. Все месторождения, расположенные северо-западнее нее – газовые и газоконденсатные, с практически полным отсутствием нефтяной составляющей. Исключения составляют мелкие по запасам нефтяные месторождения Муллахол и Караулбазар, а также нефтяные оторочки на Газли и Учкыре. Месторождения, расположенные юго-восточнее зоны VIII практически все сложные по составу, с полным набором всего спектра углеводородов. Подавляющее большинство содержит нефтяную составляющую. Внутри каждого из блоков месторождений УВ отличаются структурой, размерами ловушек, взаимным расположением, запасами.

Из общих закономерностей следует подчеркнуть одну: все наиболее крупные и уникальные по запасам месторождения, как УВ сырья, так и рудные, тяготеют к осевым частям этих флексурно-разрывных зон – это Газли, Шуртан, Доулетабад-Донмез, Шатлык (углеводородные), Мурунтау (золото), Джекказган (медные руды), Мынкудук, Инкай (уран). При этом, например, Газли и Мурунтау располагаются в пределах одной флексурно-разрывной зоны.

Вывод. На территории Средней Азии и Казахстана установлено наличие крупнейших межрегиональных флексурно-разрывных зон, поперечных к общему простиранию Урало-Тяньшаньского пояса древнейшего (допалеозой – нижний

палеозой) заложения и активных по настоящее время. Вероятной причиной их образования является, по-видимому, Балхашский астенолит (плум), активная фаза внедрения которого приходится на нижний палеозой.

Литература

1. *Ахмеджанов М.А., Борисов О.М., Фузайлов И.А.* Строение и состав палеозойского фундамента Узбекистана. Т. 1. Ташкент: Фан, 1967. 162 с.
2. *Бабаджанов Т.Л., Мордвинцев О.П.* Дизъюнктивно-пликативные поперечные структуры Тянь-Шаня: их выделение и роль в домезозойской геологии региона. Сб. докл. Геофизика XXI столетия: 2006 г. Москва, 2006. С. 37-42.
3. *Бабаджанов Т.Л., Мордвинцев О.П.* Изучение региональных особенностей геологического строения – основа эффективности повышения ГРП. Мат. Респ. Науч.-прак. Конф.: Геодинамика фанерозоя Тянь-Шаня: принципы районирования, эволюция и минерагения. Ташкент. С. 101-105.
4. *Бухарин К.К., Брежнев В.Д., Масленникова И.А. и др.* Тектоника Западного Тянь-Шаня. М.: Наука, 1989. 152 с.
5. *Истекова С.А.* Глубинное строение, геодинамика и размещение месторождений полезных ископаемых в Южном Прибалхашье. Автореф. докт. дисс. Алматы, 2010. 35 с.
6. *Нуртаев Б.С., Мордвинцев О.П.* Тектонические нарушения северо-восточного простирания Западного Узбекистана по геофизическим данным *Geologiya va mineral resurslar*. 2005. № 6. С. 30-36.
7. *Фузайлов И.А.* Структура консолидированной коры западного погружения Тянь-Шаня. Ташкент: ФАН, 1975. 144 с.

ГЕОДИНАМИЧЕСКИЙ И ГЕОФЛЮИДНЫЙ РЕЖИМЫ БАССЕЙНОВ ПОРОДООБРАЗОВАНИЯ КАК ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПОТЕНЦИАЛЬНУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ НЕФТЯНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ (НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ВОЛГО-УРАЛЬСКОЙ НГП)

**В.П. Морозов¹, И.Н. Плотникова¹, Г.П. Каюкова²,
А.Н. Кольчугин¹, Э.А. Королев¹, Н.В. Пронин¹, Ф.Ф. Носова¹**

¹ Казанский университет, ² Институт органической и физической химии РАН (г. Казань)

In article is described the role of the geodynamic and geofluid factors on formation of secondary changes in oil carbonate collectors. Are indicated lithogenetical signs, which characterized different zones of oil reservoirs: such as collectors of different practical value and rocks of water-oil contacts.

Во многих работах вторичные изменения, проявленные в породах-коллекторах (нефтенасыщенных зонах) и породах зон водонефтяных контактов, рассмотрены достаточно подробно (Атлас структурных..., 2005; Багринцева, 1999; Карбонатные породы..., 2005 и др.). Однако в них практически не проведена попытка объяснения локализации тех или иных вторичных изменений карбонатных пород в названных зонах и установления историко-генетической последовательности их реализации в связи с формированием и разрушением залежей нефти.

В них также довольно слабо отражена роль факторов, обуславливающих те или иные вторичные изменения карбонатных толщ. Сказанное в первую очередь касается еще недостаточной изученности роли геодинамического и геофлюидного факторов. На наш взгляд, названные факторы во многом являются определяющими в реализации определенных типов вторичных изменений пород в различных участках разрезов.

Поэтому определение литогенетических признаков карбонатных пород с последующим выявлением контролирующих их процессов и факторов позволит провести реконструкцию вторичных изменений отложений в различных участках разрезов нефтяных залежей, а также создать модели их формирования и разрушения. Выявленные литогенетические признаки позволят также проводить и относительную оценку промышленной значимости нефтяных залежей.

Достижение поставленной цели, на наш взгляд, не возможно без системного изучения осадочных образований (Дмитриевский, 1982), включая помимо седиментологического, стадияльного и литогенетического методов, других методов, позволяющих проводить историко-геологическую реконструкцию постседиментационных изменений пород. Весьма полезными для этого оказались данные по тектонике и геодинамике, стадийности геофлюидного развития бассейнов породообразования, теории метасоматических процессов, теории формирования залежей углеводородов.

Изучение вторичных наложенных изменений известняков турнейского и башкирского ярусов Волго-Уральской нефтеносной области показало, что, с одной стороны, различные типы вторичных преобразований характерны лишь для определенных зон нефтяных залежей, а с другой – многие из них реализуются лишь в биокластово-зоогенных известняках первого типа. Так, например, одни изменения характерны для зон развития пород-коллекторов, другие – для пород зон древних и современных водонефтяных контактов. Кроме того, интенсивность вторичных преобразований даже одних типов известняков также может быть различна. В породах-коллекторах и породах зон водонефтяных контактов, сложенных однотипными известняками – биокластово-зоогенными первого типа – интенсивность вторичных изменений различна как по качественным, так и по количественным показателям.

На основании изучения вторичных изменений известняков, слагающих зоны развития карбонатных пород-коллекторов различной продуктивности и зоны развития водонефтяных контактов выявлены их определенные литогенетические признаки. Полученные данные сведены в таблицу. Анализ таблицы показывает, что в породах-коллекторах различной промышленной продуктивности и породах зон водонефтяных контактов могут реализоваться как различные, так и одинаковые изменения известняков, имеющие, однако различную интенсивность.

Следует также сказать, что различная промышленная продуктивность карбонатных пород-коллекторов обусловлена не их коллекторскими свойствами, а физико-химическими свойствами нефтей. Среди них можно выделить нефти различные по физико-химическим свойствам – вязкости, газонасыщенности, плотности, температуре застывания, фракционному составу и др. (Нефтегазоносность..., 2007).

В работе сделана попытка связать выявленные литогенетические признаки пород-коллекторов различной промышленной продуктивности и пород зон водо-

нефтяных контактов, с одной стороны, и геохимические показатели углеводородов, с другой.

Таблица

Литогенетические признаки пород-коллекторов и пород зон водонефтяных контактов

Типы вторичных изменений		Породы-коллекторы		Породы зон водонефтяных контактов
		с относительно подвижными нефтями	с относительно менее подвижными нефтями	
Выщелачивание селективное	формирующее равномерно развитую кавернозность	+++	+++	++
	формирующее неравномерно развитую кавернозность	—	—	++
Выщелачивание неселективное, формирующее крупные каверны		—	+++	+++
Доломитизация	образование яснозернистых агрегатов	—	+	+++
	образование доломита в виде примеси	—	++	+++
Кальцитизация	образование яснозернистых агрегатов	—	++	+++
	крустификация	—	++	+++
Окремнение		—	—	++

Примечание: знаком «+» и их количеством в ячейках показана относительная интенсивность вторичных изменений известняков, знак «—» означает отсутствие вторичных изменений.

Состав и геохимические показатели углеводородов определялись после хлороформной экстракции образцов методами газовой хроматографии, хромато-масс-спектрометрии и ИК-спектроскопии. Полученные данные показывают:

– углеводороды всех изученных карбонатных пород по геохимическим коэффициентам (CPI?П/Ф, GAM/HOP, STER/PENT, NOR/HOP, DIA/DIA+ REG, Ts/(Ts+Tm), C31HSR, MOR/MOR+HOP, C29SSR, C29BBAA) являются идентичными;

– по групповому составу углеводородов в ряду «коллектор с относительно подвижными нефтями – коллектор с относительно слабо подвижными нефтями – породы зон водонефтяных контактов» увеличивается содержание асфальтенов и, соответственно, уменьшается содержание масел и смол;

– в этом ряду также наблюдается увеличение отношений тяжелых углеводородов к легким ($\Sigma_{n-(C27-C31)} / \Sigma_{n-(C15-C19)}$, $(n-C27/n-C17)$);

– также наблюдается увеличение окисленности углеводородов;

– наблюдается также увеличение содержания в углеводородах СО-кислот.

Экспериментально полученные данные свидетельствуют о том, что по сравнению с коллекторами, нефти которых можно отнести к менее вязким и, соответ-

ственно, менее подвижным в коллекторах, нефти которых менее подвижны, а также в зонах водонефтяных контактов происходят определенные физико-химические процессы. Они связаны как с механическим, так и химическим разрушением залежей. Механическое и химическое разрушение залежей до образования в них относительно менее подвижных нефтей происходит за счет выноса более легких углеводородов, а также процессов окисления. Наиболее интенсивно такие процессы происходят в зонах водонефтяных контактов, которые авторы считают разрушенными частями залежей.

Важным, на наш взгляд, являются установленные факты, показывающие определенную связь, с одной стороны, вторичных изменений коллекторов различной промышленной значимости и пород зон водонефтяных контактов, а с другой, состава присутствующих в них углеводородов.

Полученные в работе данные связываются с двумя основными факторами формирования и разрушения нефтяных залежей – геодинамическим и геофлюидным, действие которых следует рассматривать совместно.

Под геодинамическим фактором, контролирующим вторичные изменения и флюидонасыщенность карбонатных пород, понимаются процессы, связанные с особенностями формирования и изменения во времени структурно-тектонического плана изучаемого региона. Основная доля структур контролирующих месторождения нефти в каменноугольных отложениях сформировалась в послепермское время на этапах тектонической активизации платформы. С этапом тектонической активизации региона в послепермское время связана динамотермальная активизация, что приводит к воздыманию территории и формированию тектонических структур за счет вертикальных и горизонтальных движений, а также прогреву осадочных толщ. Температуры прогрева осадочных толщ, судя по данным В.В. Витвицкого и В.В. Шапенко (1976), достигали величин в 200–400 °С.

Роль геофлюидного фактора, связанного с геодинамическим, проявляется в реализации элизионного геофлюидного режима, при котором за счет дефлюидизации пород миграция водонефтяных флюидов приводила к вторичным изменениям пород в определенных участках разрезов. Следует заметить, что геофлюидный фактор определяет историко-генетическую последовательность поступления водонефтяных флюидов, их эволюцию, а также реализацию определенных вторичных изменений карбонатных пород, наблюдаемых в породах-коллекторах различной промышленной значимости и породах зон водонефтяных контактов.

СТРУКТУРНО-ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ЕДИНОСИСТЕМНОГО ПРОЯВЛЕНИЯ В ГЕОЛОГИЧЕСКОМ ПРОСТРАНСТВЕ ПРОЦЕССОВ РУДО- И НАФТИДОГЕНЕЗА

В.В. Муравьев, Е.В. Сумерин

ФГУП ГНЦ РФ ВНИИгеосистем. Москва, 117105, Варшавское шоссе, д.8

Обосновывается факт геодинамического функционирования планетарных решеток тектоногенов – Больших Кругов. Узлы решеток обеспечивают очаговую разгрузку глубинных энергомассопотоков. От фокуса узлов закладываются концентрические системы тектонической делимости – системы флюидораспределения в земной коре.

Месторождения полезных ископаемых формируются в узлах синергезиса каналов диссипации и дефлюидизации недр.

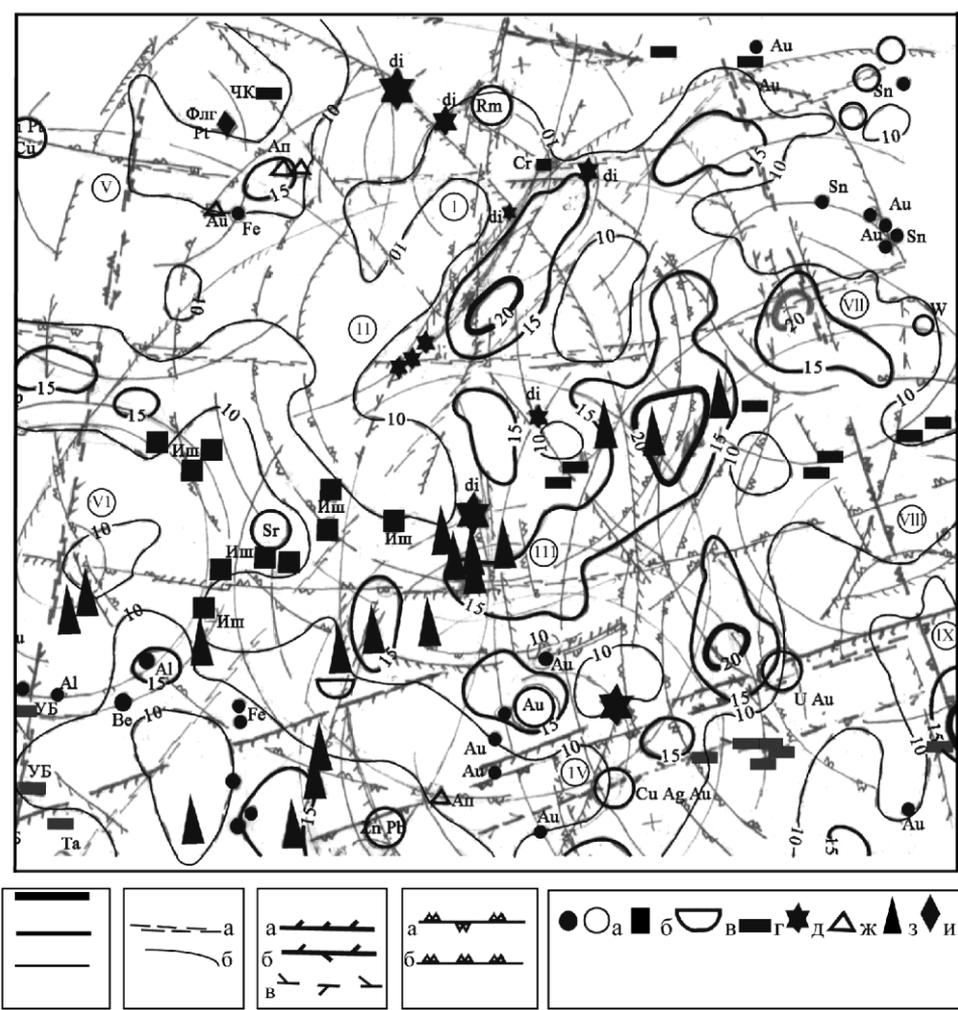


Рис. 1. Структура минерагенического поля Восточной Сибири.

1 – изолинии значений плотности потенциально флюидактивных тектонических узлов; 2 – структурные зоны в поле значений плотности узлов: а – трансрегиональные тектоногены; б – каркасная концентрическая зона очаговых систем тектонической делимости геосреды; 3 – аномальная зона гравитационного поля: а – градиентные «ступени»; б – оси максимумов; в – оси минимумов; 4 – оси максимумов (а) и градиентные зоны (б) аномального магнитного поля; 5 – обозначения месторасположения скопления полезных ископаемых: а – рудные, б – исландского шпата, в – калийных солей, г – бурых и каменных углей и горючих сланцев, д – алмазов, ж – апатита, з – углеводородов, и – графита. Номера приузловых концентрических структур: I – Уджинская, II – Восточно-Сибирская, III – Батуобинская, IV – Байкало-Патомская, V – Маймеча-Котуйская, VI – Камовская, VII – Верхоянская, VIII – Якутская, IX – Учуро-Майская

Главные предпосылки проявления процессов рудо-и нефтегенеза следующие:

1. Формирование единых минерагенических систем в ареале динамического влияния кумулятивной разгрузки глубинных энерго-массопотоков, контролируемой крупными тектоническими узлами («Трубы дегазации» П.Н. Кропоткина).

2. Интенсивная узловая дефлюидизация недр характерна, прежде всего, для суперглубинных флюидопроводящих зон в ранге Больших Кругов (БК), организованных в планетарные решетки, отвечающих системам симметрии икосаэдра и пентагон-додекаэдра. Зонами динамического влияния (ЗДВ) каркасных элементов этих решеток контролируются пояса эпиархейской тектонической активизации геосфер, сопровождаемой на континентах ареальными проявлениями щелочного и ультращелочного магматизма, внедрением в земную кору восстановленных флюидов.

3. Проявление геодинамических процессов, характеризующихся очаговой (сосредоточенной) диссипацией и дефлюидизацией недр, которые обеспечивают заложение в геосфере систем концентрической тектонической делимости.

На рис. 1 иллюстрируется эффективность использования при минерагеническом анализе перечисленных выше предпосылок очаговой дефлюидизации геосфер на примере Восточно-Сибирского региона.

1. На основе составления мелкомасштабной схемы пространственного распределения показателей плотности узлов пересечения структурных зон планетарного и трансконтинентального рангов (радиус концентров > 1000 км) выявлена концентрически-зональная структура поля аномальных значения этой характеристики.

2. Гравимагнитные данные подтверждают геологическую реальность выявленной структуры. Наиболее отчетливо – её центральной части в пределах значений радиуса до 700 км. Концентрические зоны аномальной намагниченности однозначно коррелируются с зонами повышенной плотности узлов.

3. В минерагеническом отношении выявленная Восточно-Сибирская концентрическая геодинамическая система (КГДС) весьма аномальна. Она развивается от фокуса синергезиса ЗДВ флюидопроводящих тектоногенов, являющихся элементами каркаса планетарных КГДС с центрами: на Арктическом полюсе, Командорских островах, в узле торцевого сочленения Западных и Восточных Саян и т.д. Ареал геодинамического влияния отчетливо прослеживается до зоны центра с радиусом кривизны равным 1340 км. В рельефе поверхности Земли ядро

Восточно-Сибирской КГДС индицируется Мархинским сводовым поднятием диаметром до 600 км. В его пределах располагаются все палеозойские промышленно значимые алмазоносные кимберлитовые поля. На уровне же концентров радиусом от 500 до 700 км развивается зоны нефте-газонакопления. Для ядер большинства других систем их рудная специализация сменяется на нефтяную. Лишь в Камовской КГДС, скопления нефтяных Ярупчено-Тахомской зоны располагаются в эпицентре этой системы.

Как видно из рисунка, Восточно-Сибирская КГДС является наиболее представительным звеном гирлянды «очаговых структур», заложенных от узлов расположенных по траверсу створа Уджинско-Витимского трансконтинентального центра (радиус ≈ 3200 км). Его ЗДВ контролирует минерагенический пояс, представленный с севера на юг месторождениями (включая суперкрупные): редкометальной специализации – Томтор, алмазной – Мирненское, нефтяной – Ба-

туобинский район, золотой – Сухой Лог. Другие КГДС составляющие "гирлянду" показаны на рис. 1.

Таким образом, для регионов Восточной Сибири, генеральным системно-структурированным минерагеническим таксоном является КГДС регионального и континентального рангов. В структуре мирагенического поля КГДС во многих случаях прослеживается достаточно строгая концентрическая зональность. За счет интерференционных эффектов в областях пересечений минерагенически перспективных ЗДВ концентров строгая концентричность маскируется. Так в области Иркутского амфитеатра, в пределах которой имеет место флюидодинамическое и энергетическое взаимодействие Байкало-Патомской, Камовской и Восточно-Сибирской КГДС, наблюдается «эклектичная» минерагения: от месторождений железа трубчатого типа, месторождений нефти и газа до уникальных «осадочных» месторождений калийных солей, стронция и исландского шпата. Но позиция каждого из месторождений, тем не менее, строго контролируется узлами пересечения флюидоподводящих концентров. Этот критерий локального прогноза вероятных скоплений минерального сырья универсален. Применительно к поискам углеводородного сырья он защищен в 1992 г. патентом РФ №1176725.

ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФЛЮИДОДИНАМИКИ ТЕРРИТОРИЙ ДЛИТЕЛЬНОЙ НЕФТЕГАЗОДОБЫЧИ

А.Г. Мычак, В.Е. Филиппович

Научный центр аэрокосмических исследований Земли ИГН НАН Украины, Киев

Восстановление притоков на «старых» месторождениях УВ связывается с процессами подъема глубинных флюидов за счет периодической дегазации Земли вдоль активных геодинамических зон, дешифрируемым по данным космической съемки. Индикаторами глубинности восходящих флюидопотоков является наличие аномальных концентраций паров атомарной ртути в пределах изученных месторождений УВ, тяготеющих к узлам пересечения активных геодинамических зон.

The renovation of t ancient fluid influxes at the old HC fields are related to the abyssal fluid upflows due to active geodynamic zones (accounting to the space data). The shows of the upward fluid flows are the abnormal mercury vapor concentrations located at the joints of active geodynamic zones.

В последние годы в научно-производственной деятельности нефтяников-исследователей давно известных нефтегазоносных площадей России, Украины и других стран ближнего зарубежья накоплены данные, свидетельствующие о возобновлении работы продуктивных скважин на ранее считавшихся «исчерпанными» месторождениях углеводородов (УВ). При этом пересматриваются традиционные представления о процессах миграции и аккумуляции УВ, роли геофлюидодинамических процессов, связанных с общей дегазацией Земли. Так рядом российских и украинских геологов (Запивалов Н.П., Скарятин В.Д., 2003, 2004; Гаврилов В.П., 2003, 2004; Касьянова Н.А., 1998, 2004; Бембель Р.М., Мегеря В.М., Бембель С.Р., 2003, 2006, 2009; Соколов В.А., 1966, 1971; Перерва В.М.,

1997; Перерва В.М., Филиппович В.Е., 1999; Мичак А.Г., 2005; Созанский В.И., Чепиль П.М., 2008 и др.), высказывается мнение о восстанавливаемости запасов нефти и газа в существующих (известных) углеводородных ловушках, причем скорость этого явления определяется первыми десятками лет, и даже годами, то есть процессы миграции углеводородов при определенных, геофлюидодинамических условиях имеют достаточно небольшие временные интервалы. Свидетельством таких явлений является исследование Гаврилова В.П. (2004), Макарова М.Г., Скарятин В.Д. (2004), которые в Терско-Сунженской области определяют скорость вертикальной миграции углеводородов из верхнемеловых известняков через майкопские глины в песчано-глинистую производительную толщу неогена в несколько сотен метров за год, или порядка 1 метра в сутки. Известно, что первые скважины в этом регионе (в частности, в г. Грозный) были пробурены в местах естественных нефтепроявлений еще в 1893 году. За полувековую эксплуатацию неогеновых песчано-глинистых отложений здесь было добыто около 100×10^6 т нефти, в результате чего залежь была истощена, фонтанирующие скважины, были переведены в режим насосных, а малодобитные были законсервированы. Сегодня, более чем через 100–50 лет, со времени консервации скважин в верхнемеловых залежах начинают восстанавливаться аномально высокие пластовые давления, выравниваются водонефтяные контакты, а процент воды в ряде эксплуатационных скважин существенно снижается. В то же время, первые неглубокие (до сотен метров) скважины, которые эксплуатировали неогеновые песчаники, стали проявляться на дневной поверхности нефтью через затрубное пространство.

Аналогичные явления происходят сегодня и на территориях давней нефтегазодобычи Украины. В частности на Керченском полуострове, где с конца XIX по 20-ые годы XX ст. нефть добывали из колодцев и неглубоких скважин (20–170 м), и видимо самые масштабные – в Передкарпатском нефтегазоносном районе. Передкарпатье – это уникальный регион нефтегазонакопления, а его нефтяная «жемчужина» – Борислав известен как один из самых старых в мире районов добычи нефти. Именно здесь более полтора столетия добывали и продолжают добычу этого полезного ископаемого. Еще в 20-х годах XX века известный геолог А. Пфафф обратил внимание на то, что фактическое количество добытой нефти из бориславского песчаника является больше, чем он может ее вместить по объему. М.Р. Ладыженский в 1955 г. подсчитал, что если площадь распространения бориславского песчаника, ограниченного в Бориславе законтурными водами, составляет 15 кв. км, при мощности песчаника, в среднем 20 м при коэффициенте пористости 0,2, коэффициенте насыщения 0,6 и коэффициенте отдачи 0,5, то общий объем нефти должен составлять около 4 500 000 куб. м нефти. По состоянию на 1955 год из бориславского песчаника было добыто 12 000 000 т нефти [1], что существенно превышает предыдущую цифру. На 2010 год общее количество добытой нефти уже превысило 33 млн т нефти. Можно сделать вывод, что залежи Бориславской складки, несмотря на постоянную интенсивную эксплуатацию более 100 лет, до сих пор не исчерпаны, поскольку пополняются за счет латеральной и в первую очередь, вертикальной миграции нефтяного флюида. Пути такого пополнения являются, прежде всего, разрывные нарушения и зоны трещиноватости. Причем, чем выше ранг таких дизъюнктивов, тем большая вероятность их связи с нефтегазогенерирующими толщами, и, соответственно, они являются более мощными каналами миграции углеводородов. Аналогичные само-

восстанавливающиеся системы отмечены и на других месторождениях Украины (Шебелинском, Гнединцевском, Лемяковском, Пролетарском, Чернухинском, Рудовско-Червонозаводском и др.) [2].

О связи месторождений с глубинными разломами сегодня накоплено огромное количество свидетельств, и в частности о том, что нефтяные месторождения тесно связаны с разломами фундамента. Природу таких флюидопроводящих разломов разгадать сегодня еще достаточно трудно. Определенные данные в решении этого вопроса были получены сибирскими нефтяниками (Бембель Р.М., Мегеря В.М., Бембель С.Р., 2003), которыми создана концепция геосолитонного механизма формирования залежей УВ. Общим принципом данной концепции является то, что главным поставщиком «строительного материала» для углеводородных залежей являются внутренние геосферы Земли, т.е. ядро, мантия и нижние слои земной коры, при этом на геофизических материалах под всеми достаточно большими нефтяными месторождениями (залежами) находятся странные, уходящие глубоко в фундамент столбы физических свойств в виде субвертикальных узких зон ослабления амплитуд сейсмической записи интерпретируемые, как участки деструкции всех сейсмических отражающих границ, которые возникли в результате геодинамических (геосолитонных) воздействий.[3]

Авторами настоящей публикации разработана оригинальная методика поиска и картирования таких геодинамически активный зон повышенной проницаемости земной коры, основанная на комплексном применении аэрокосмической и наземной газометрической (газортутной) информации. Методика включает два этапа: на первом – на основе дешифрирования данных дистанционных съемок формируется геодинамическая модель исследуемой площади, выделяются зоны и участки разуплотнения (повышенной флюидопроводимости) земной коры. На втором – для оценки количественных показателей современной флюидопроводимости прогнозируемых объектов и оценки нефтегазового потенциала локальных структур предлагается использовать полевую ртутometriю, применение которой в нефтегазопроисковой геологии базируется на общности условий миграции и аккумуляции ртути и углеводородов.

Пространственное и генетическое единство ртути и углеводородов проявляется в следующем:

1. Одновременная первичная парообразная миграция в процессе дегазации глубоких горизонтов Земли.
2. Одновременное обогащение осадочных толщ в процессе первичной седиментации и осадкообразования.
3. Совместное перераспределение в процессе катаметагенеза, совместная миграция в водных растворах и газообразном состоянии, и аккумуляция в единых ловушках – коллекторах.

При этом важную роль в процессах вертикальной миграции и аккумуляции ртути и углеводородов играют зоны глубинных разломов и повышенной трещиноватости Земной коры.

Вместе с тем, процессы локализации ртути и углеводородов принципиально отличаются. Если для накопления углеводородов необходима ловушка под непроницаемым экраном, который для ртути, благодаря ее уникальной проницаемости, практически не существует, то в качестве обязательного условия локализации ртути является существование стабильного физико-химического экрана, задерживающего полезные компоненты гидротерм и пропускающего "отработанный"

ные" растворы за пределы области осаждения [4]. Вместе с тем, согласно исследованиям И.А. Хайретдинова, 1971 углеводороды, обладая способностью играть роль поверхностно-активного вещества, выступают в качестве своеобразного сорбента для ртути, что способствует ее накоплению в местах скоплений УВ [5].

Таким образом, можно заключить, что условия для формирования, миграции, аккумуляции и сохранения скоплений ртути и залежей углеводородов, в основном, одни и те же, а нефтяные и газовые месторождения являются для ртути сорбционными ловушками. С другой стороны уникальная проницаемость ртути, глубинный фактор ее происхождения (магматический, метаморфический, мантийный) позволяют индцировать с ее помощью современные участки дегазации земли и подтока глубинных флюидов.

Анализ полученных эмпирических данных на различных площадях в таких, отличающихся друг от друга тектонических областях, как Предкавказье, Закавказская межгорная впадина, Внутренняя зона Предкарпатского прогиба, Днепроовско-Донецкая впадина показывает, что предлагаемый подход комплексного применения аэрокосмической и ртутотметрической информации в нефтегазопроисковых целях позволяет получить новые данные о геологическом строении территорий. В частности, это выявление участков и зон повышенной трещиноватости и флюидопроводимости осадочных пород.

Характер газортутного поля на изученных площадях показывает, что между повышенными значениями концентраций паров ртути и залежами УВ существует устойчивая закономерная связь. Так на всех участках, где расположены залежи УВ, над ними установлены широкие плавные газортутные аномалии. При этом независимо от типа залежи (литологическая – Гойт-Корт, Предкавказье, стратиграфическая – Мцарехеви, Закавказье, структурные – Южный Купол, Закавказье, Ханкала, Предкавказье, Новотроицкое, Юльевское, Яблуновское – все Украина и др.) и от глубины заложения (от 200 м – Мцарехеви до 3400–4800 – Яблуновское) все они проявляются практически одинаково. С другой стороны скважины с максимальной продуктивностью на местоскоплениях УВ приурочены к прогнозируемым по данным аэрокосмогеологических исследований зонам разуплотнения и повышенной флюидопроводимости осадочного чехла (Новотроицкое, Яблуновское и др.) В этих же зонах, по данным полевой ртутотметрии выявлены повышенные и нередко, максимальные значения концентраций паров ртути, что доказывает их высокую современную флюидопроницаемость.

Газортутные исследования в пределах участков, расположенных в «законтурной» части месторождений (Ханкала, Гойт-Корт, Южный Купол, Новотроицкое) и над непродуктивными структурами (Волжанский участок Днепроовско-Донецкая впадина) показали, что концентрация паров ртути здесь не превышает фоновых значений и характеризуется достаточной выдержанностью низких показателей.

При сопоставлении данных, полученных в разных тектонических областях, установлено, что наиболее контрастные газортутные аномалии связаны со скоплениями УВ, приуроченными к зонам глубинных разломов, и расположены в непосредственной близости от них (Южный Купол, Мцарехеви, Юльевское, Яблуновское). Максимальные значения, из всех полученных на изученных участках, были зафиксированы в Закавказской межгорной впадине, на участках, характеризующихся исключительно высокой активностью неотектонических и современных движений (Южный Купол, Мцарехеви).

Менее контрастные аномалии были получены в Предкарпатском прогибе и в ДДВ. При этом во Внутренней зоне Предкарпатского прогиба контрасты значительно, чем во Внешней. В ДДВ более показательны в этом отношении Южная часть Северного борта и Центральная часть впадины. Таким образом, оптимальными для постановки данного комплекса исследований можно считать территории, характеризующиеся повышенной геодинамической активностью.

Анализ данных ртутотметрии при изучении разрывных нарушений показал, что независимо от того по каким данным они выделяются (сейсморазведка, дешифрирование аэрокосмических материалов, бурение, геологическая съемка) в газортутном поле им соответствуют узкие высокоамплитудные аномалии, часто превышающие в 3–5 раз фоновые значения. Наиболее яркие газортутные аномалии фиксируются в узлах пересечения геодинамически активных зон различного простирания. Вместе с тем, как на Кавказе, так и в Карпатах над отдельными разломами, выявленными геолого-съемочными работами, газортутных аномалий установлено не было. При детальном изучении этого вопроса выяснилось, что данные нарушения не являются секущими всю осадочную толщу, а приурочены к локальным чешуям и складкам в приповерхностных отложениях, а, следовательно, не являются проводниками глубинных флюидов. С другой стороны, примеры изучения таких глубинных разломов (например Раточинского в Карпатах), материалами полевой ртутотметрии, позволяет оценить их проводимость по простиранию. Последнее весьма важно для выяснения подводящей или экранирующей роли таких нарушений в зонах нефтегазоаккумуляции.

Изучение распределения концентраций паров ртути в пределах нефтегазоносных структур позволило сделать вывод, что наибольшие ее значения фиксируются на месторождениях углеводородов (независимо от типа ловушки), приуроченных к активным на новейшем этапе глубинным разломам или находятся непосредственно в зонах их влияния. На основе теоретических и экспериментальных данных, полученных авторами на нефтегазоносных площадях Украины и Кавказа показано что комплексное применение материалов аэрокосмических и газортутных съемок позволяет оперативно выявлять и разбраковывать разрывные нарушения и зоны разуплотнения горных пород по степени их флюидопроницаемости. Резкое улучшение коллекторских свойств продуктивных горизонтов, ожидаемое в этих зонах, наряду с данными промысловой геологии, позволяет выбирать оптимальные условия для поисково-разведочного и эксплуатационного бурения.

Таким образом, залежи УВ могут формироваться и относительно быстро пополняться непосредственно вблизи от нефтегазоподводящих каналов. Если же в этой зоне отсутствуют структурные условия формирования ловушки, то на поверхности могут формироваться залежи озокерита, битумные поля (пример – Бориславское месторождение озокерита на периферии Бориславской складки). Последнее может свидетельствовать не о том, что месторождение было сформировано и постепенно разрушилось, а о том, что здесь существует нефтегазоподводящий канал. Восстановление притоков на «старых» месторождениях УВ связывается с процессами подъема глубинных флюидов за счет периодической дегазации Земли вдоль активных геодинамических зон, дешифрируемым по данным космической съемки. Индикаторами глубинности восходящих флюидопотоков является наличие аномальных концентраций паров атомарной ртути в пределах изученных месторождений УВ тяготеющих к узлам пересечения активных геодинамических зон.

Литература

1. *Ладыженский Н.Р.* Геология и газонефтеносность Советского Прикарпатья. Киев: Изд-во АН УССР, 1955. 383 с.
2. *Созанский В.И., Чепиль П.М., Кенни Дж.Ф.* К вопросу о неистощимости мировых ресурсов нефти и газа // Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть, газ и их парагенезы. Мат. Всерос. конф. Москва, 22-25 апреля 2008 г. С. 464-466.
3. *Бембель Р.М., Мегеря В.М., Бембель С.Р.* Геосолитоны: функциональная система Земли, концепция разведки и разработки месторождений углеводородов. Тюмень: Вектор Бук, 2003. 344 с.
4. *Добрянский Л.А.* Парагенезис ртути и углеводородов – теория и практика использования в нефтегазовой геологии. Киев, 1989. 26 с. (Препр. / НАН Украины. Ин-т геологических наук; 89).
5. *Хайретдинов И.А.* К вопросу о газовых ореолах ртути // Геохимия. 1971. № 6. С. 668-683.

ТЕРМОБАРОМЕТРИЯ И ГЕОХИМИЯ ФЛЮИДОВ ПРОЖИЛКОВО-ВКРАПЛЕННОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ НЕФТЕГАЗОПЕРСПЕКТИВНЫХ ПЛОЩАДЕЙ НАДВИГОВЫХ И ПОДНАДВИГОВЫХ СТРУКТУР УКРАИНСКОГО ПРЕДКАРПАТЬЯ

И.М. Наумко, Ю.А. Белецкая, И.М. Зинчук, Й.М. Сворень

Институт геологии и геохимии горючих ископаемых НАН Украины
ул. Наукова, 3-а, г. Львов, 79060, Украина, e-mail: igggk@mail.lviv.ua

Based on the examples of oil and gas fields of the Carpathian Foredeep, it was possible to reveal the character of conjugated processes of the hydrocarbon migration and localization in the sedimentary series of the thrust-underthrust structures of veinlet-impregnated mineralization in the healed fractures in accordance with a new scientific trend in geology, namely: “thermobarometry and geochemistry of gases of veinlet-impregnated mineralization in deposits of oil- and gas-bearing areas and metallogenic provinces” developing in the department of geochemistry of deep-seated fluids of the IGGCM of NAS of Ukraine.

Проблема поиска углеводородов в надвиговых и поднадвиговых структурах Прикарпатско-Причерноморского надвигового пояса Украины (Ступка, 2002), продолжает оставаться в центре внимания исследователей.

Воспроизведению термобарических и геохимических параметров миграции и геохимической специализации флюидов постседиментогенного минералогенеза в таких структурах способствуют исследования фазового состояния и вещественного состава включений в минералах (Наумко, 2006). Данные термобарометрии и геохимии флюидов прожилково-вкрапленной минерализации (Сворень, Наумко, 2005) представят возможность совершенствоваться (Сворень та ін., 2005) прогноз залежей углеводородов в аллохтонных и автохтонных комплексах региона и позволят оценить нефтегазоперспективность геологических разрезов на поисковой стадии (Наумко та ін., 2001) при переходе с регионального на локальный уровень, поскольку территориально разграниченным залежам углеводородов могут

отвечать особенности состава и РТ-параметров флюидных включений только непосредственно конкретных площадей.

Такие исследования проведены нами в Предкарпатском прогибе – составной части Карпатской нефтегазоносной провинции в пределах структур Лопушнянского и Кохановского нефтяных и Грынявского газового месторождений (Наумко та ін., 2007).

Флюидные включения в минералах и закрытые поры пород исследовались микроскопическими, термометрическими и масс-спектрометрическими химическими методами «учения о минералообразующих флюидах» (Калюжный, 1982). Кроме состава летучих компонентов флюидных включений и закрытых пор пород, определялись также их относительные газонасыщенность (ΔP) и водонасыщенность (C_{H_2O}) в пробах весом 200 мг, измельченных путем раздавливания в вакуумированной до величин порядка $1 \cdot 10^{-3}$ Па напускной системе масс-спектрометра МСХ-3А.

Условия постседиментогенного минералогенеза в осадочных толщах в пределах *Лопушнянского* нефтяного месторождения воссозданы по данным изучения флюидных включений в минералах прожилков, прежде всего в кальците, реже в кварце и ангидрите, и закрытых пор в породах: известняках, аргиллитах и песчаниках. Выявлено, что включения в прожилковых минералах преимущественно газово-жидкие с наполнением от 80 до 95 %. По генетическим признакам включения, расположенные в виде обособленных групп без видимой связи с плоскостями залеченных трещин, отнесены к первичным (?) (ранневторичным), остальные – к поздневторичным. Очевидно, что и первые, и вторые характеризуют постседиментогенные преобразования пород, но на разных этапах процесса. Температуры гомогенизации включений в ангидрите укладываются в интервал 195–215 °С (в жидкую фазу).

В составе летучих компонентов преобладает метан с особенно высокой концентрацией в продуктивных скважинах (до 100 об. % в ангидрите скважины 4-Лопушнянская) и содержанием в кальцитовых прожилках, в общем, намного выше, чем во вмещающих породах, что указывает на его приток с глубинных горизонтов. Сопоставимы концентрации метана во включениях в кальците (68,2–97,5 об. %) и в природном газе (78,7–83,4 об. %), водорастворимых газах пластовых вод (62,6–94,3 об. %) и свободных газах (66,0–91,9 об. %). Относительная водонасыщенность является достаточно высокой как во включениях в прожилковом кальците (96,1–69,7 об. %), так и вмещающих породах (86,7–77,8 об. %). В то же время относительная газонасыщенность колеблется в значительных пределах без определенных закономерностей. В составе водных витяжек из перекристаллизованных верхнеюрских известняков преобладает хлоридно-магниевый-кальциевый тип растворов, а в собственно пластовых водах – хлоркальциевый тип.

Аналогичные исследования были проведены на *Кохановском* нефтяном месторождении. Изучались флюидные включения в кальците из прожилков и вкрапленников, а также закрытые поры во вмещающих породах (известняках) скважины 30-Кохановская. При микроскопическом изучении тонких полированных пластинок и спайных сколков в мелкокристаллическом кальците прожилков, реже вкрапленников, обнаружено, что флюидные включения неравномерно насыщают зерна минерала и преимущественно расположены в плоскостях спайности и залеченных трещинах. Обычно они плоские или объемные, правильной и неправильной формы. Преобладает удлинённая форма включений, с “рваными” краями. Размеры их не

превышают 0,01–0,03 мм. По составу доминируют газово-жидкие включения с невыдержанным наполнением от 60 до 90 %. Реже встречаются с наполнением 10–30 %. Достичь гомогенизации включений, независимо от наполнения, не представилось возможным, так как при температуре около 60 °С они разгерметизируются. Некоторые включения содержат каплеобразные образования темного, возможно битумообразного вещества, которое при нагревании до 170 °С остается без изменений, а при 200 °С при разгерметизации включения растекается по его стенкам.

Заметим, что подобные газово-жидкие включения в ангидрите прожилков по разрезу скважины 4-Лопушнянская гомогенизируются в жидкую фазу при температуре 195–215 °С, а в кальците по разрезу параметрической скважины 1-Битлянская – 215–218 °С (Naumko et al., 1999), вследствие гетерогенного состояния флюидной среды минералобразования (Калужный, 1982) являющейся истинной.

Летучие компоненты флюидных включений в кальците и проб органогенного известняка характеризуются преобладанием метана (до 92,5 об. %) и повышенными значениями относительной водонасыщенности (50,0–98,9 об. %). Заметим, что природный газ упомянутого месторождения содержит 86,14 об. % CH_4 , его гомологи (до C_5) и азот (Атлас..., 1998). Вместе с тем, целесообразно акцентировать внимание на том, что содержание метана оказывается определяющим и тогда, когда содержание летучих компонентов во включениях невысокое и их относительная газонасыщенность низкая. Показательно, что во всех анализах определены пары воды.

Для флюидных включений в минералах прожилков и пор в вмещающих породах из параметрической скважины 1-Гринявская *Гринявского* газового месторождения основной особенностью состава летучих компонентов является доминирование метана (99,0–100,0 об. %) и рост содержания этана (до 0,8 об. %) и пропана (до 0,2 об. %) с глубиной.

В пробах из разноглубинных интервалов скважины прослеживается тенденция зависимости насыщенности углеводородами включений от глубины отбора керна. Показательными являются результаты, полученные при исследовании кальцитовых прожилков, по которым четко фиксируется вектор роста концентрации метана, а глубже – и сопутствующих этана и пропана до глубины 4366 м. Можно допустить, что относительная концентрация этих гомологов метана возрастает с глубиной в направлении к залежи Гринявского месторождения (4410–4602 м). Преобладание метана во всех пробах следует рассматривать в качестве прямого и непосредственного признака наличия газовой залежи, надежность критерийности которого возрастает с появлением среди углеводородов тяжелых гомологов метанового ряда – этана, пропана и выше. Наличие CH_4 в комплексе с C_2H_6 и C_3H_8 в прожилках в весомых концентрациях свидетельствует об активной вертикальной миграции углеводородных газов в осадочной толще, очевидно, генетически связанных с существенно метановыми газами, с незначительной примесью газоконденсата, залежи Гринявского месторождения (Крупский, 2001).

С глубиной возрастает и относительное количество газа, освобождаемого при дроблении кальцита прожилков и пород, что указывает на возрастание газонасыщенности мигрирующего флюида с возрастанием гидростатического давления. Одновременно снижается водонасыщенность включений с глубиной и при приближении к газовой залежи. Высокая углеводородогазонасыщенность и закономерность ее возрастания свойственны и минералу, и породе, хотя минералом-

индикатором углеводородных аномалий и, соответственно, углеводородных залежей, является прожилковый кальцит.

Таким образом, в пределах Лопушнянского, Кохановского, Грынявского и других месторождений Предкарпатского прогиба, температуры постседиментогенного минералогенеза в период формирования залежей нефти и газа превышали 200 °С при повышенных давлениях, что способствовало сохранению углеводородов во всем стратиграфическом диапазоне продуктивных горизонтов осадочного слоя. Преобладание метана во включениях в прожилковых минералах, еще раз подтверждая метановую специализацию минералообразующих флюидов Складчатых Карпат, вместе с высокой относительной водонасыщенностью свидетельствует о вероятном переносе углеводородов в составе гетерогенной углеводородно-водной системы. Этот флюид мигрировал вертикально продольными и поперечными разломами глубокого заложения, разделяющими отдельные блоки месторождений, и латерально в пределах конкретных структур – коллекторами, сверху и снизу ограниченными непроницаемыми толщами (флюидоупорами). Его реликты, зафиксированные в виде включений минералами прожилков и вмещающих пород, свидетельствуют о важной роли этого процесса в формировании, с одной стороны, нефтяных и газовых месторождений, а с другой – прожилково-вкрапленной минерализации в пределах осадочных толщ, вмещающих залежи углеводородов. Сопоставление состава летучих компонентов включений и водорастворенных и свободных газов месторождений (Наумко и др., 2003) дает основание утверждать о преимущественном влиянии на их формирование глубинного высокотемпературного флюида из единого гомогенного источника, как это установлено, например, для Лопушнянского нефтяного месторождения по данным изотопного анализа углерода и кислорода кальцитов прожилков и вмещающих толщ (Наумко, 2006).

РОЛЬ ДЕГАЗАЦИИ МЕТАНА В ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ КРИОЛИТОЗОНЫ

А.И. Никонов, С.М. Петигева

г. Москва, ИПНГ РАН

The basic position of the message is to control the power of permafrost due to the process of degassing of methane from gas fields in the anticlinal uplifts due to the formation of gas hydrates them.

Начало многолетнего промерзания горных пород и формирование криолитозоны на севере Евразии относится к плиоцену. Признаки существования мерзлых толщ в нижнем плейстоцене установлены в Западной Сибири и в Центральной Якутии. Общее направленное похолодание климата в кайнозое, а особенно в плейстоцене свидетельствует о продвижении границы многолетнемерзлых пород (ММП) на юг. Наибольшее похолодание климата соответствует второй половине верхнего (позднего) плейстоцена в период от 35–30 до 10 тыс. лет назад (Величко, 1973).

Новейший этап (плейстоцен-голоцен), начавшийся примерно 10 тыс. лет назад ознаменовался быстрым (примерно за 1000 лет) разрушением оледенения

моря и суши, и деградацией мерзлых пород этой криогенной области. Происходило быстрое отступление к северу южной границы ММП.

Существование ММП в северной геокриологической зоне превышает 70 тыс. лет на южной её окраине и достигает на севере не менее 360 тыс. лет.

В.В. Баулин и А.А. Чеховский (1973) отмечают, что в области двуслойной мерзлоты (Бореальная область) в направлении с севера на юг наблюдается закономерное уменьшение мощности современной мерзлоты (верхнего слоя) от 80–40 до 20–10 м и одновременное погружение кровли реликтовой мерзлоты (нижнего слоя) от 50–100 до 100–150 м. Мощность реликтовой мерзлоты колеблется от 50–100 до 200–300 м. В Суббореальной области – кровля реликтовой мерзлоты залегает на глубине до 200 м и более, а подошва – на глубине 300–400 м.

Необходимо отметить, что в Субполярной геотермической области (южный предел слитной по вертикали мерзлоты) наблюдается определенное несоответствие между сравнительно высокими среднегодовыми температурами грунта и большой мощностью мерзлых пород. По данным Г.И. Дубикова (1962), на профиле Салехард–Уренгой, пролегающем в самой южной части зоны, значения толщины мерзлых пород равны 340 м близ ст. Обская (левобережье Оби), 320 – в долине р. Надым (нижнее течение), 400 – на Пур-Надымском междуречье, 380 м – в районе пос. Уренгой.

Тот факт, что в восточной части Западной Сибири мощность вечной мерзлоты несколько большая, чем в западной, следует также из материалов по глубоким скважинам (Гинсбург и др., 1972; Гинсбург, 1973).

Помимо указанных закономерностей многие исследователи отмечают зависимость глубины залегания подошвы вечной мерзлоты от структурных условий Западной Сибири. Первым на это указал Д.П. Дьяконов (1958).

Обширное исследование такой зависимости было проведено В.В. Баулиным и другими авторами. Согласно их выводам, увеличение глубины залегания фундамента с запада на восток, обуславливая уменьшение теплового потока, приводит к увеличению в том же направлении мощности вечной мерзлоты.

Наиболее резкое уменьшение мощности вечной мерзлоты наблюдается над структурами третьего порядка вследствие увеличения теплового потока в их сводовой части: разница в мощности мерзлоты в сводовой части поднятия и на его крыльях может составлять 100–150 м (Баулин и др., 1976). Однако позднее была отмечена более сложная зависимость между глубиной залегания подошвы вечной мерзлоты и структурным планом региона: если в антиклинальной структуре нет залежи газа, то мощность вечной мерзлоты в ее сводовой части меньше, чем вне структуры; при наличии газовой залежи уменьшается тепловой поток и мощность мерзлых пород в пределах структуры обычно больше, чем вне ее.

Над локальными структурами известны разные вариации изменения мощностей мерзлых толщ и положения изотермических поверхностей, в том числе и с нулевой температурой (подошва криолитозоны). Над одними структурами мощность криолитозоны практически не изменяется, над другими – увеличивается. Последнее, широко распространено над газоносными структурами. К такому типу структур относятся газовые месторождения Западной Сибири: Медвежье, Русское, Заполярное, Юбилейное и др. Глубина залегания газовых залежей в этих структурах составляет от 600 до 1500 м, при мощности мерзлых толщ от 200 до 500 м и геотермических градиентах от 0,05 до 0,02 °C/100 м. Вместе с тем на некоторых газоносных площадях мощность мерзлоты над сводами структур мень-

ше, чем над крыльями (например, Уренгойская структура в Западной Сибири, Средне-Вилкойская и др.).

В.В. Баулин (1981) и А.Л. Чеховский (1975) подчеркивают различную природу отрицательных температурных аномалий над газоносными структурами и положительных – над локальными антиклинальными структурами, где не обнаружено промышленного содержания газа. Наличие отрицательных температурных аномалий можно объяснить проникновением по трещинам метана в перекрывающие породы. Газы метанового ряда, проникающие в перекрывающие толщи пород и охлаждающиеся в них, попадают в такие термодинамические условия (температура от +18 до 0 °С, а в ярусе мерзлоты – ниже и давление от 15 до 2 МПа), в которых они при взаимодействии с подземными водами должны образовывать газовые гидраты. Если учесть эффект взаимодействия природных газов и подземных вод, то можно объяснить различные варианты изменения мощности криолитозоны над локальными структурами осадочного чехла платформ, в сводах которых отсутствуют разрывные нарушения. Установлено (Якушев, 2009), что в определенных диапазонах температур и давлений эти газы и воды вступают во взаимодействие, образуя природные гидраты газов. Распространение зон гидратообразования на территории нефтегазоносных провинций и областей в СССР совпадает с площадями, где в верхнем плейстоцене породы были подвержены глубокому многолетнему промерзанию, что свидетельствует об их историко-геологической взаимосвязи.

При образовании гидратов природных газов выделяется значительное количество тепла, а при разрушении — такое же количество поглощается. Скрытые теплоты гидратообразования (из воды и свободного газа) весьма значительны: для метана, этана и природных газов они находятся в пределах от 50,2 до 66,9 кДж/моль, для более тяжелых гомологов метана (пропана и др.) – от 125,5 до 133 кДж/моль. Для сравнения укажем, что удельная теплота фазовых переходов вода–лед составляет $335,2 \cdot 10^3$ Дж/кг; при образовании гидрата метана выделяется $400 \cdot 10^3$, а природного газа – $520\text{--}540 \cdot 10^3$ Дж/кг [32]. Значения плотностей гидратов газа и льда при этом близки между собой. При переходе газовой залежи в гидратную теплота выделяется на 20–60 % больше, чем при промерзании аналогичного объема пород, насыщенных пресной водой. Открытая пустотность пород в залежах составляет 10–30 % объема.

На примере физического моделирования непрозрачных материалов можно наблюдать особенности формирования различных типов структурных нарушений в породах разреза под действием поднимающихся блоков фундамента.

Выполненные эксперименты показали, что ориентация образующихся трещин отрыва является субвертикальной в присводовой части поднятия, а по мере удаления от купола к его крыльям постепенно приобретают слабо наклонный характер, оставаясь субвертикальными. Важным результатом модельных экспериментов по изучению роста поднятий является факт образования над его купольной частью зон просадок или разупрочнения, которые часто отмечаются на сейсмических профилях. Зоны просадок на моделях представляют собой грабенообразные впадины, ограниченные с обоих бортов серией сбросов. Таким образом, проявление активизации тектонических процессов в плейстоцен-голоценовое время на территории криолитозоны, приводило к переформированию структурных планов газоконденсатных месторождений и проявлению дегазации метана по зонам образующихся разломов в центральных частях антиклинальных поднятий (Никонов, 2006).

В газовых залежах, находящихся ближе к поверхности, на этапе похолодания может начаться образование газогидратов, сопровождающееся выделением тепла, которое, дополняя тепловой поток из недр Земли, замедляет темп многолетнего промерзания пород над газовой структурой. Вследствие этого гидраты газа способствуют образованию над газовой залежью положительной температурной аномалии и мерзлых толщ мощностью, меньшей, чем вне ее контуров. Эта ситуация может сохраняться до полного перехода газовой залежи в гидратную, после чего темп промерзания пород над ней увеличивается и мощности многолетнемерзлых пород выравниваются. В этапы потеплений климата и деградации криолитозоны происходит повышение температур пород, залегающих ниже мерзлой толщи, и ее протаивание снизу. Такое повышение температур пород на определенном этапе вызывает разложение гидратов газов, что происходит за счет поглощения части потока внутриземного тепла. Вследствие этого над гидратной залежью величина геотермического потока и скорость протаивания мерзлых пород снизу уменьшаются по сравнению со скоростью протаивания вне контура залежи. Над залежью образуется отрицательная геотемпературная аномалия, а мощность оттаивающих снизу мерзлых толщ становится (точнее, сохраняется) больше, чем на крыльях и вне структуры.

Литература

1. Баулин В.В., Чеховский А.Л., Суходольский С.Е. Основные этапы развития многолетнемерзлых пород северо-востока Европейской части СССР и Западной Сибири // История развития многолетнемерзлых пород Евразии (на примере отдельных регионов). М., 1981. С. 41–60.
2. Чеховский А.Л. Влияние складчатых структур осадочного чехла на поведение нижней границы многолетнемерзлых пород // Тр. ПНИИИС. 1975. Вып. 36. С. 65–73.
3. Якушев В.С. Природный газ и газовые гидраты в криолитозоне. М.: ВНИИГАЗ, 2009.
4. Никонов А.И. Роль геодинамических процессов в формировании анизотропии физических свойств пород локальных поднятий // Геология, геофизика и разведка нефтяных и газовых месторождений. № 12. М.: ВНИИОЭНГ, 2006. С. 23–33.

ПЕТРОФИЗИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗРЕЗА В СВЯЗИ С НЕФТЕГАЗОНАКОПЛЕНИЕМ

Г.Г. Номоконова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Томск, пр. Ленина, 30

The report outlines the results of geophysical investigation on oil and gas fields of southern West Siberia. The deposits are located in the vertical zones of abnormally high formation pressure and carbonatization rocks. The geophysical characteristics of geological sections associated with the accumulation of oil and gas.

Сопоставление карты магнитного поля Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции (НПП) с планами расположения месторождений углеводородов (УВ) показало, что месторождения контролируются линейными и зонально-концентрического строения геомагнитными структурами глубинного заложения (до астеносферы), проявляющимися также в рельефе дневной поверхности [1]. При этом са-

ми месторождения, локализованные в осадочном чехле, не создают магнитных аномалий, а аэромагнитное поле отражает магнитные неоднородности фундамента. Такое «промежуточное» положение, скорее всего, должно отразиться на составе пород месторождений УВ, в частности, на их геофизической характеристике.

В настоящей работе приводятся результаты анализа данных геофизических исследований скважин (ГИС) семи месторождений УВ южной части Западно-Сибирской НГП. Изучались показания основного комплекса методов ГИС, отражающих такие свойства пород разреза как удельное электрическое сопротивление (данные методов сопротивления), водородосодержание (W по показаниям нейтронного каротажа НКТ), естественная радиоактивность (гамма-картаж ГК) и самопроизвольная электрическая поляризация (метод ПС). Всего изучено 23 разреза скважин. Условная линейная продуктивность разреза (P , $m^{\circ}\%$ ²) рассчитывалась как сумма произведений эффективной толщины, пористости и коэффициента нефтегазонасыщенности пластов.

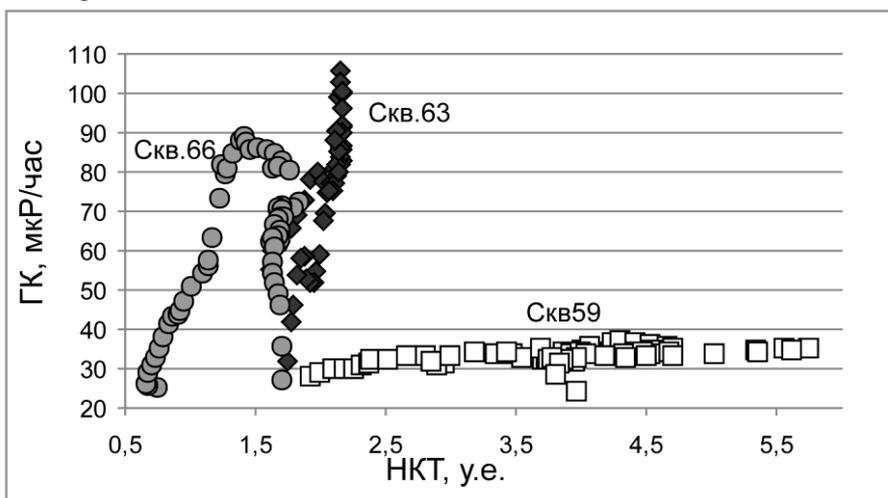


Рис. 1. Нарушение корреляционных связей между геофизическими параметрами аргиллитов баженовской свиты нефтяного месторождения Каймысовского нефтегазодносного района (НГР). Разрезы скважин: 59 – за пределами месторождения; 66, 63 – вмещают водонасыщенный (66) и нефтенасыщенный (63) пласт Ю1

Результаты исследований приведены на рис. 1–2, в таблице и кратко сводятся к следующему.

1. В песчано-глинистых разрезах изученных месторождений выявлены сопряженные в пространстве и согласованные по интенсивности изменения геофизических параметров (петрофизические изменения), которые были интерпретированы как зоны карбонатизации, аномально-высокого пластового давления (АВПД) и перераспределения в породах естественных радиоактивных элементов (ЕРЭ).

Зоны карбонатизации выделяются повышением удельного электрического сопротивления (УЭС) пород и понижением W (повышением показаний НКТ), зоны АВПД – противоположным поведением этих параметров (рис. 1, табл.). Для обеих зон характерны понижения радиоактивности, более существенные в случае карбонатизации, а также слабое понижение потенциала ПС.

2. Петрофизические изменения являются вторичными (эпигенетическими), наложенными на породы песчано-глинистого разреза. Они не обнаружены в разрезах за пределами месторождений и нарушают конституционные соотношения между физическими параметрами пород в пределах месторождений УВ (рис. 1).

Таблица

Различие средних значений геофизических параметров пород продуктивного и непродуктивного разрезов многопластового нефтегазоконденсатного месторождения Средневазюганского НГР

	Непродуктивный разрез ($P=120 \text{ м}\%^2$)		Продуктивный разрез ($P=4890 \text{ м}\%^2$)	
	ГК, мкР/ч	W, %	ГК, мкР/ч	W, %
Разрез в целом	12,97	30,66	8,30	41,71
Меловой разрез	13,37	32,20	7,96	41,95
Юрский разрез	9,74	26,60	7,40	38,32
Баженовская свита	69,58	35,75	37,85	46,95
Коллекторы мела	11,11	31,73	6,84	40,60
Неколлекторы мела	14,35	32,41	8,30	42,36
Коллекторы юры	5,42	19,29	6,11	34,79
Неколлекторы юры	12,37	31,05	8,20	40,44

Петрофизические изменения носят сквозной характер и приводят к различию комплексной геофизической характеристики разрезов отдельных скважин (табл.).

Как видно из данных таблицы, разница в геофизической характеристике двух разрезов месторождения наблюдается как в целом, так и по отдельным литолого-стратиграфическим разностям, включая аргиллиты баженовской свиты, образованные в уникальной седиментационной обстановке. Различие в геофизической характеристике не может быть связано с особенностями литологического состава разрезов, поскольку вариации «песчанности-глинистости» пород одинаково влияют на изменение показаний ГК и W, а в сравниваемых разрезах эти параметры ведут себя по-разному.

3. Интенсивность и масштабы проявления петрофизических изменений в пределах месторождений зависят от суммарной продуктивности разреза и положения нефтегазонасыщенных пластов относительно регионального флюидоупора – аргиллитов баженовской свиты, что в свою очередь определяется положением месторождения относительно зональных геомагнитных структур и масштабами этих структур [1].

Более продуктивные разрезы отличаются и более интенсивными проявлениями АВПД и карбонатизации, что выражается в существенно более низкой радиоактивности и повышенном водородосодержании пород разреза (табл.). Водоносным интервалам разреза соответствует рассеянная, а нефтеносным – локализованная (в виде прослоев) карбонатизация.

Уверенно идентифицированные по данным ГИС интенсивные петрофизические изменения в многопластовых месторождениях размещаются в окрестности аргиллитов баженовской свиты, захватывая ее саму, в также продуктивные и водонасыщенные пласты выше и ниже пород свиты на расстояния сотни метров. В однопластовых месторождениях (пласт Ю1 локализован под баженовской сви-

той) изменен преимущественно юрский разрез, в котором интенсивность вторичных преобразований растет снизу в направлении подошвы баженовской свиты. В этом случае аргиллиты баженовской свиты в разрезе отличаются повышенной петрофизической аномальностью (рис. 1).

4. На всех исследованных месторождения выявлена одна и та же закономерность: интервал изменения потенциала ПС, отражающего глинистость пород, тем больше, чем продуктивнее разрез (рис. 2). Иными словами, условием формирования крупных месторождений является не столько наличие хороших коллекторов, сколько хороших покрышек.

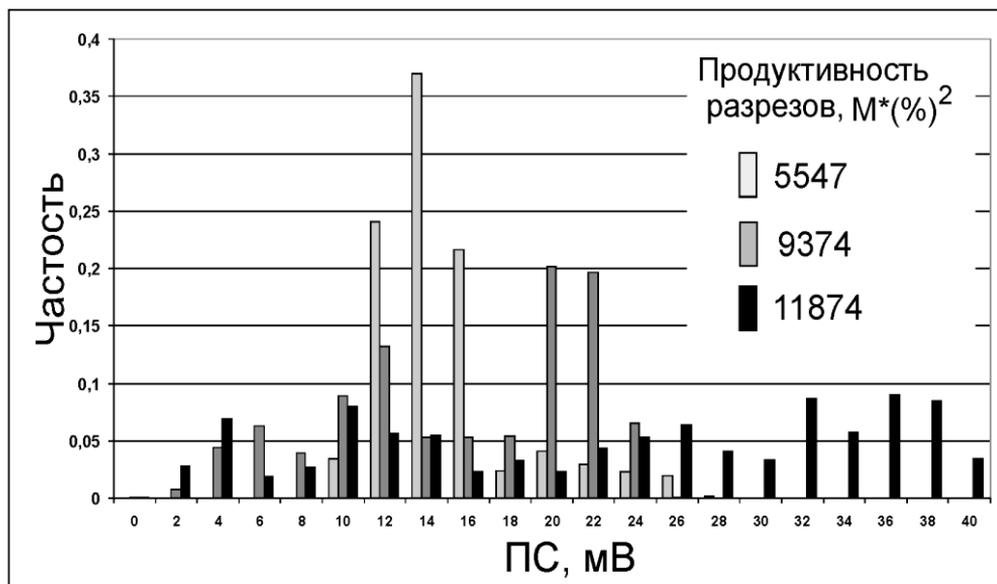


Рис. 2. Распределение значений потенциала ПС в разрезах разной продуктивности (нефтяное месторождение Нижневартовского НГР)

Таким образом, анализ геофизических данных показывает, что месторождения углеводородов не только контролируются глубинными геомагнитными структурами, но и локализованы в субвертикальных зонах АВПД (избыточной флюидонасыщенности) и эпигенетических преобразований пород. Выявленные взаимосвязи продуктивности геологических разрезов с геофизическими параметрами, отражающими эти процессы, и само их содержание указывают, по крайней мере, на парагенетическую связь накопления УВ с глубинными субвертикальными флюидными потоками. Утверждать, что процесс нефтегазонакопления происходит до настоящего времени нет оснований, но нужно иметь в виду, что избыточная флюидонасыщенность обнаружена в современных разрезах месторождений углеводородов.

Литература

1. Номоконова Г.Г., Расковалов Д.Ю., Колмаков А.Ю. О контроле месторождений углеводородов Западной Сибири глубинными геомагнитными структурами // Геодинамика. Глубинное строение. Тепловое поле Земли. Интерпретация геофизических полей: Пятое

СОВРЕМЕННАЯ МЕТОДОЛОГИЯ ПРОГНОЗА ЗОН НЕФТЕГАЗОНАКОПЛЕНИЯ В ПРЕДЕЛАХ ПЛАТФОРМЕННЫХ ОБЛАСТЕЙ

**Д.К. Нургалиев, Н.Г. Нургалиева, И.Ю. Чернова, Д.И. Хасанов,
И.И. Нугманов, А.Н. Даутов**

420008 Казань, ул. Кремлевская, 18, Казанский (Приволжский) федеральный университет

MODERN TECHNOLOGY OF OIL & GAS PRESENCE FORECAST WITHIN A PLATFORM AREA

**D.K. Nurgaliev, N.G. Nurgalieva, I.Yu. Chernova, D.I. Khasanov,
I.I. Nugmanov, A.N. Dautov**

The paper examines some theoretical aspects of modern technology of oil & gas presence forecast based on the new ideas about the time of formation and destruction of hydrocarbons in the sedimentary mantle. The use of modern GIS technologies and complex geophysical data allows creating the effective technology of oil & gas presence forecast, which is demonstrated on concrete examples.

В данной работе предлагаются пути создания универсальной технологии прогнозирования потенциальной нефтеносности территорий, позволяющей оптимизировать поисково-разведочные работы на нефть и газ в пределах платформенных областей. Суть заключается в использовании всего комплекса имеющихся геолого-геофизических материалов как конкретно относящихся к текущему объекту исследования, так и более общие идеи, на основе которых возможна более глубокая формализация (интерпретация) получаемых геофизических данных. Главное в этом подходе, по мнению авторов, представление залежей как динамичных объектов, формирование и разрушение которых продолжается в настоящее время или происходило недавно. Такой подход оказался чрезвычайно плодотворным, т.к. он позволяет по-новому взглянуть на процесс интерпретации некоторых геологических, геохимических и геофизических материалов. Например, геофизические технологии, регистрирующие вторичные изменения пород под действием УВ (магниторазведка, ЕП, ВП), а также геохимические методы поисков залежей нефти должны быть пересмотрены как с методической точки зрения (проведение полевых исследований), так и интерпретации получаемых полевых данных.

Предлагаются следующие принципы выявления зон интенсивного нефтеобразования в пределах осадочных бассейнов (Готтих Р.П. и др., 2005; Дьяконова А.Г. и др., 2006; Нургалиев Д.К., Утемов Э.В., и др., 2004):

- подобные зоны располагаются в непосредственной близости от скоплений существующих залежей,
- точное местоположение подобных зон можно реконструировать по предположительным путям миграции нефти в современные залежи (см. ниже),

- наиболее вероятно, что подобные зоны приурочены к впадинам осадочного чехла, а также зонам резкого увеличения мощности осадочного чехла,
- в случае пониженных в целом современных температурных градиентов подобные зоны должны находиться в областях повышенного теплового потока, местоположение которых оценивается по наличию магнитных аномалий на глубинах 40–50 км, обусловленных поднятием изотермы Кюри,
- в некоторых случаях зоны интенсивного тепломассопереноса могут отмечаться магнитными аномалиями на глубинах от 15 до 5 км, источники этих аномалий возникают при вторичных изменениях пород.

Предложенные критерии не являются абсолютными, скорее они свидетельствуют в пользу обнаружения зон наиболее интенсивного нефтеобразования.

Следующая проблема – проблема выявления причин, путей и направления миграции флюидов, содержащих углеводородные компоненты из которых в последующем формируются залежи нефти. Исходя из того, что залежи, существующие в настоящее время, являются молодыми, мы предполагаем, что на их формирование и разрушение огромную роль оказали новейшие тектонические движения (Нургалиев Д.К., Чернова И.Ю. и др. 2004; Нургалиев Д.К., Плотникова И.Н. и др., 2001).

Известно, что амплитуда поднятий-опусканий в новейшее время могла достигать нескольких сотен метров. Это очевидно как по наблюдениям современного рельефа, так и по мощности неогеновых отложений во врезках (долинах). В результате морфометрических исследований в пределах Волго-Уральской нефтегазоносной провинции нами установлено, что все крупные неотектонические структуры практически полностью совпадают с крупнейшими структурами, ранее выделенными по поверхности кристаллического фундамента. Это свидетельствует об унаследованности основных структур земной коры, но главное – о том, что большинство крупнейших структур имеет неотектоническое происхождение. Таким образом, можно утверждать, что неотектонические движения, несомненно, контролируют размещение залежей нефти и газа на территории Волго-Уральской нефтегазоносной провинции. Таким образом, анализ характера неотектонических движений позволяет с одной стороны – проследить пути миграции УВ в современные залежи (т.е. выявить зоны нефтегазообразования), с другой стороны – прогнозировать вероятное местоположение зон нефтегазоаккумуляции.

Следующая задача, задача выявления потенциальных ловушек неплохо решается с использованием сейсморазведки, и мы не будем подробно останавливаться здесь на этой проблеме. Важно только отметить, что большее внимание необходимо уделять литологическим ловушкам, которые выглядят как антиклинальные структуры на временных разрезах, в особенности в девонской части разреза. Еще один тип перспективных объектов – локальные поднятия кристаллического фундамента, краевые и сводовые части которых в зависимости от истории их формирования чаще всего оказываются нефтеносными.

Существует еще один достаточно важный фактор прогноза, который ранее практически не рассматривался геологами-нефтяниками. Это оценка степени сохранности залежей. Этот аспект проблемы возник из предположения о молодости залежей нефти и того факта, что залежи нефти в осадочном чехле диссипируют довольно быстро. Главным фактором разрушения залежей является высокая макроскопическая проницаемость осадочного чехла, обусловленная наличием множества трещин и проницаемых зон, большинство из которых «живут» в настоя-

шее время. Плотность этих трещиноватых зон на площади может быть оценена специальной обработкой космических снимков высокого разрешения в комплексе с анализом цифровых моделей современного рельефа. Очень часто мы сталкиваемся с тем, что в областях высокой макроскопической проницаемости осадочного чехла залежи отсутствуют (вероятно, что они уже разрушены). Интересно, что область Ромашкинского месторождения отмечается максимальной макроскопической проницаемостью по сравнению с окружающими территориями. Это еще раз свидетельствует о том, что это молодое скопление нефти интенсивно разрушается в настоящее время. Об этом свидетельствуют многочисленные проявления вертикальной миграции УВ в верхней части разреза (многочисленные признаки вторичного изменения пород). Интересен также тот факт, что над Ромашкинским месторождением отсутствуют значительные залежи битумов, как, например, на западном борту ЮТС, где залежи несколько древнее, чем Ромашкинское месторождение. В центральной части ЮТС только сейчас идет формирование битумных залежей в пермских отложениях.

Продемонстрированные выше представления уже используются в практике интерпретации результатов геолого-геофизических исследований для прогнозирования потенциальной нефтеносности территорий. Также, необходимо отметить, что указанные представления являются основой для создания новой высокоэффективной технологии поиска и разведки залежей нефти и газа с использованием современных геоинформационных технологий, новейших достижений в области использования космической деятельности, и позволяют оптимизировать и в десятки раз повысить эффективность геофизических (сейсморазведочных) и геохимических исследований.

Литература

1. Готтих Р.П., Писоцкий Б.И., Нургалиев Д.К., Журавлев Д.З. Некоторые генетические аспекты формирования Ромашкинского нефтяного месторождения и его спутников // Отечественная геология. 2005. №3. С. 3-11.
2. Дьяконова А.Г., Нургалиев Д.К., Астафьев П.Ф., Коноплин А.Д., Вишнев В.С. Особенности глубинной структуры Ново-Елховского и Ромашкинского месторождений углеводородного сырья по данным геоэлектрики // ДАН. 2006. 406, 5. С. 1-3.
3. Нургалиев Д.К., Нургалиева Н.Г. Возраст и динамика формирования залежей нефти // Новые идеи в геологии и геохимии нефти и газа. М.: МГУ, 1999. С. 179-181.
4. Нургалиев Д.К., Плотникова И.Н., Сидорова Н.Н., Нургалиев Р.К. Влияние глобальной сейсмической активности на изменение состава нефтей Ромашкинского месторождения // Новые идеи в геологии и геохимии нефти и газа. М.: МГУ, 2002. С. 179-181.
5. Нургалиев Д.К., Плотникова И.Н., Утемов Э.В., Чернова И.Ю. Отражение возраста блоков, тектоники и вторичных изменений пород кристаллического фундамента в тонкой структуре магнитных аномалий // Прогноз нефтегазоносности фундамента молодых и древних платформ. Казань: Изд-во Казанского ун-та, 2001. С. 214-217.
6. Нургалиев Д.К., Утемов Э.В., Хасанов Д.И., Чернова И.Ю. Особенности строения земной коры под крупными скоплениями нефти Татарстана и Удмуртии // Новые идеи в геологии и геохимии нефти и газа. М.: МГУ, 2004. С. 365-366.
7. Нургалиев Д.К., Чернова И.Ю., Бильданов Р.Р., Хасанов Д.И., Утемов Э.В. Неотектонические факторы размещения залежей нефти в Волго-Вятском регионе // Новые идеи в геологии и геохимии нефти и газа. М.: МГУ, 2004. С. 367-368.

ИСТОЧНИК ПОТОКА МЕТАНА В ОХОТСКОМ МОРЕ

А.И. Обжиров

Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева (ТОИ) ДВО РАН, Владивосток,
Россия; obzhirov@poi.dvo.ru

SOURCE OF METHANE FLUX IN THE OKHOTSK SEA

Anatoly Obzhirov

V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute, (POI) FEB RAS, Vladivostok, Russia; obzhirov@poi.dvo.ru

Question about process of Earth degassing is very important because it influences on evolution of the Geosphere, Hydrosphere and Atmosphere of Earth. About 500 fluxes of methane from sediment to water and from water to atmosphere were found in the Okhotsk Sea during 1988–2009 years. Gas hydrate forms in near surface sediment in area of flux methane. Some scientists consist that source of gas hydrate methane are microbial of it. Our opinion that methane in the Okhotsk Sea is going from deep oil-gas bearing layers via zones fault. Fluxes of methane influence in the ecology sediment, water, atmosphere and process of global climate change (warming). It is one of process and result of the Earth degassing.

Дегазация Земли является одним из важных процессов развития геосферы, гидросферы и атмосферы Земли. В этом кратком сообщении затронута очень важная тема о потоках метана из донных отложений в воду и из воды в атмосферу в Охотском море. Этот пример характеризует множество возможных эпизодов такой формы дегазации Земли и различных преобразований в геологии и жизни на Земле в связи с ее дегазацией.

Начиная с 1984 года, лаборатория газогеохимии изучает распределение природных газов в донных осадках и воде Охотского моря. В результате были обнаружены аномальные поля метана и тяжелых углеводородов в придонной воде, которые использовались как индикаторы для прогноза залежей нефти и газа. В этот период были открыты потоки пузырей метана из донных отложений в воду в Охотском море и изучением их заинтересовались ученые из Германии и других зарубежных стран. С 1998 по 2010 годы эти исследования продолжались по трем международным проектам – Российско-Германским (ГЕОМАР, 1998–2004), Российско-Японско-Корейским (ХАОС, 2003–2006) и Российско-Японско-Корейским (САХАЛИН, 2007–2012).

Исследования по этим проектам были направлены в основном на изучение потоков метана из донных осадков в воду и из воды в атмосферу и определение условий формирования и разрушения газогидратов, которые были обнаружены в западной части впадины Дерюгина Охотского моря в 1991 году.

Первый поток метана из донных отложений в воду был обнаружен нами в 1988 году в западной части Охотского моря на глубине моря 700 м. При выходе в водную толщу поток метана представляет собой большое количество пузырей, поднимающихся от дна субвертикально к поверхности. Экспедиция 1991 года в этом районе обнаружила уже около 10 таких потоков пузырей метана, а в донных осадках на площади выхода пузырей метана, зафиксированном в 1988 году, были открыты газогидраты.

С обнаружением потоков метана и газогидратов на восточном Сахалинском шельфе и склоне Охотского моря и их изучением связана долговременная история экспедиционных исследований. Пузыри метана при определенных частотах звуковых волн создают звукорассеивающий эффект, благодаря чему на эхограмме появляется затемненный (или цветной) конусообразный образ размером, соответствующий диаметру выхода пузырей метана и высотой 300–500 м от поверхности дна, который сужается к поверхности (рис. 1).

Обычно в районе выходов пузырей в придонном слое и промежуточных слоях воды формируются аномальные поля метана. Концентрации метана в воде достигают 1000–10000 нл/л, что превышает фоновые содержания метана в воде в 100–1000 раз. Часть пузырей метана выходит на поверхность по направлению течения с постепенным субвертикальным подъемом, растворением и рассеиванием. Метан оказывает воздействие на окружающую среду в воде и некоторое его количество поступает в атмосферу, что увеличивает его концентрацию в атмосфере, влияя на глобальный процесс потепления климата.

Как уже отмечалось, на площадях с потоками метана в верхних слоях донных осадков образуются газогидраты. В районе образования газогидратов поверхность донных осадков нарушается. Во-первых, газогидраты внедряются в слои осадков, увеличивая их мощность, создавая бугорки на поверхности осадка. Во-вторых, стабильность газогидратов нарушается при небольших изменениях давления и температуры. При уменьшении давления и повышении температуры газогидраты начинают разрушаться и 1 м³ газогидрата превращается в 165 м³ метана. При этом происходит нарушение поверхности дна, образуются на поверхности бугры и ямки глубиной 10–20 м, случаются оползни. В районе выходов потока метана концентрация метана в донных осадках достигает 50–100 мл/кг осадка, что превышает фоновое его количество в 100000 раз.

Важно отметить, что в районе потока метана в донных осадках происходит его окисление бактериями до углекислого газа с увеличением в нем легкого изотопа С12. Этот углекислый газ участвует в формировании в донных осадках карбонатных конкреций, прослоев, фрагментов и является источником для образования микробного метана метанобразующими бактериями. Поэтому углерод метана газогидратов в своем составе имеет большое количество легкого углерода С12 и изотопный состав углерода метана газогидратов равен минус 55–65 ‰. Такой изотопный состав характеризует преимущественно микробный источник метана, что и декларируют большинство ученых. Источником же метана в Охотском море является термогенный метан нефтегазовых залежей, который мигрирует к поверхности через зоны разломов. Подтверждением этому является то, что в Охотском море многие потоки метана приурочены к зонам разломов, по которым мигрирует газ (метан), что хорошо проявляется на сейсмических профилях, где газ разрывает слои (см. рис. 1) и создает вертикальные стволы в осадках с отсутствием отражающих горизонтов. Кроме того, они имеют очаговое распространение, что противоречит закономерному площадному микробному процессу на поверхности донных осадков Охотского моря. Именно в этих очагах наблюдаются оазисы развития бентоса и другой биоты, питанием которой являются энергетический процесс и продукты микробного окисления метана.

Потоки метана появились в зонах разломов в период сейсмо-тектонической активизации, которая началась в Охотоморском регионе с 1988 года и продолжается в настоящее время с некоторыми эпизодами ее стабилизации и активизации.

В период активизации сейсмической активности происходили землетрясения – Нефтегоское (1995), Углегорское (2001), Невельское и др. на Сахалине (2007), Хоккайдское (2003) в Японии и др.

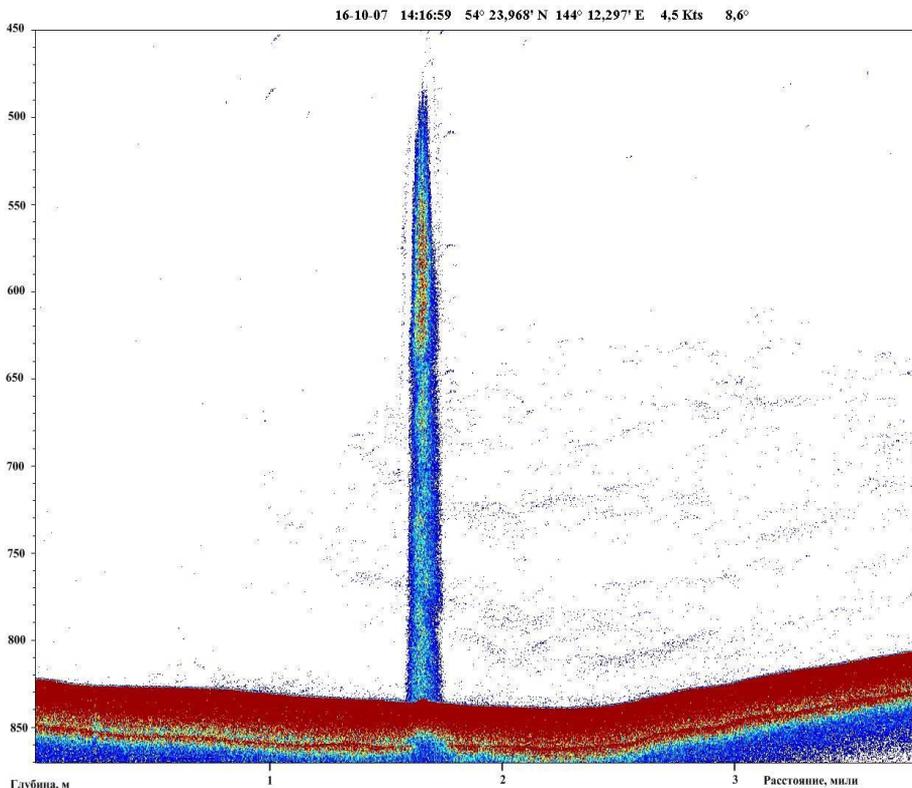


Рис. 1. Гидроакустическая эхограмма потока пузырей метана из донных отложений в воду на Сахалинском северо-восточном склоне Охотского моря

Таким образом, в Охотском море существуют дегазационные процессы. Они взаимосвязаны с различными изменениями в геологии и экологии Охотского моря, что заключается в следующем:

1. Наблюдается около 500 площадей потоков метана из донных отложений в воду и из воды в атмосферу в Охотском море. Они характеризуют наличие подтока газа, преимущественно метана, из глубоких слоев осадочного бассейна Охотского моря. Пути миграции метана к поверхности являются зоны разломов. Миграция метана по ним увеличивается в периоды сейсмо-тектонической активизации.

2. С глубинными потоками метана связано образование газогидратов в верхних слоях донных осадков.

3. На площадях потоков метана и газогидратов в донных осадках формируются карбонатные образования.

4. В районе потоков метана и газогидратов нарушается поверхность дна с образованием бугров и ямок глубиной 10–20 м, происходят оползни, что опасно для проведения инженерно-геологических работ.

5. На поверхности дна в районе потоков метана возникают оазисы жизни – появляется бентос (калиптогены), увеличивается количество крабов и рыбы. Это связано с тем, что идут микробные процессы окисления-образования метана.

6. Дегазация Земли в районе Охотского моря оказывает непосредственное влияние на формирование на поверхности дна, в воде и атмосфере потоков метана, в донных осадках полей газогидратов и оазисов роста и развития биоты.

7. Сейсмическая активность вызывает глубинные дегазационные потоки газов и флюидов из недр Земли, что отражается в морфоструктурных изменениях на ее поверхности.

МОРФОСТРУКТУРЫ ОХОТСКОГО МОРЯ В СВЯЗИ С ПРОЦЕССОМ ДЕГАЗАЦИИ

А.И. Обжиров, Н.Л. Пестрикова, Ю.И. Мельниченко

Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева (ТОИ) ДВО РАН, Владивосток,
Россия; obzhirov@poi.dvo.ru

MORPHOSTRUCTURES OF THE OKHOTSK SEA CONNECTION WITH PROCESS OF DEGASSING

Anatoly Obzhirov, Natalia Pestrikova, Yury Melnichenko

V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute, (POI) FEB RAS, Vladivostok, Russia; obzhirov@poi.dvo.ru

To form a new morphostructures is one of process and result of the Earth degassing. It is presented the morphostructure elements of seafloor in the Sea of Okhotsk as consequence of seismo-tectonic activization and gas vents.

В Охотском море в течение последних 25 лет обнаружено около 500 потоков метана. Они, как правило, приурочены к зонам разломов. По нашему мнению источником метана являются нефте-газодержащие слои, залегающие на глубинах 3–5 км в осадочном бассейне впадины Дерюгина Охотского моря. Поток газа, преимущественно метана, пронизывает толщу пород, достигает поверхности дна и поступает в воду и атмосферу. Возможно по тем же разломам, по которым наблюдаются потоки метана из осадочной толщи, существуют и более глубокие газо-флюидные потоки из пород фундамента в осадочную толщу, что способствует формированию нефтегазовых залежей.

Западная часть Охотского моря, в том числе впадина Дерюгина, где обнаружены потоки метана, расположена на краю Охотоморской плиты, которая граничит с Амурской плитой (рис. 1). Возможно, близость к границе тектонических подвижных блоков создает повышенную сейсмическую и тектоническую активность этого сегмента Охотского моря. На западе впадину Дерюгина контролирует мощная Сахалино-Хоккайдская тектоническая зона разломов меридионально-

го простирается в районе границы шельфа и склона Охотского моря. К этой зоне разломов примыкают оперяющие разломы северо-восточного и северо-западного направлений. Именно они являются путями миграции потоков газа (метана) из недр к поверхности, в районе которых обнаружены газогидраты.

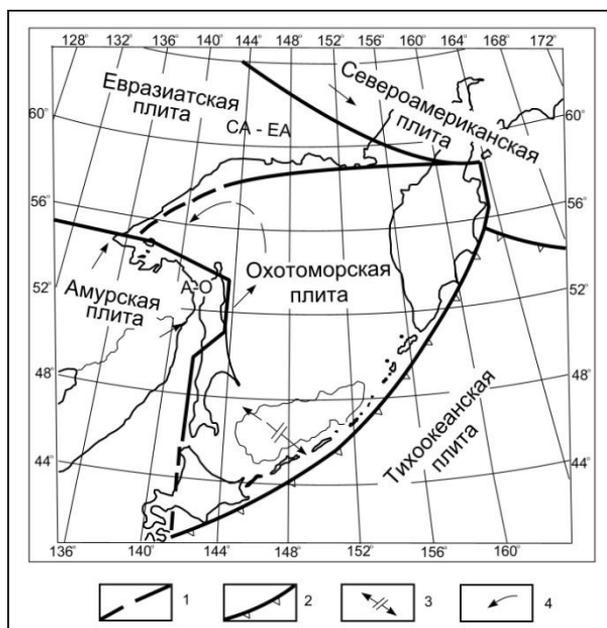


Рис. 1. Границы Охотоморской литосферной плиты и её положение среди других плит (Zlobin, 2002).

1 – границы литосферных плит; 2 – положение границ плит, выраженных в зонах субдукции и глубоководных желобах; 3 – ось зоны задугового спрединга; стрелками указано направление движения блоков земной коры и верхней мантии при спрединге; 4 – направление движения плит и вращения их блоков. СА-ЕА, А-О – центры вращения Североамериканской (СА) и Евразийской (ЕА) плит, Амурской (А) и Охотоморской (О)

Следует заметить, что по увеличению потоков метана из недр нами установлено, что сейсмотектоническая активизация в западной части Охотского моря началась с 1988 года. Эта активизация сопровождалась землетрясениями: Нефтегорским (1995), Углегорским (2001), Невельским (2007) и др. В периоды сейсмической активизации газо-флюидные потоки оказывают воздействие на современные морфоструктуры дна. Поток метана из глубоких горизонтов Земли, приближаясь к поверхности при низкой температуре и высоком давлении, формирует в верхних слоях донных осадков газогидраты. Они внедряются в слои, создавая раздувы и возвышения на поверхности дна. В районе склона донные осадки разрыхляются и на поверхности дна происходят оползневые явления (рис. 2).

Анализ экспедиционных данных за период с 1998 по 2009 гг. показал: подводная эмиссия природного газа (преимущественно метана) в пределах гидратоносных площадей Охотского моря, обусловленная газогеодинимическим режимом региона, приводит к деструкции морского дна с образованием холмов и воронок диаметром более 10 м и высотой (глубиной) более 2–3 м. Причем, наибо-

лее явные и существенные нарушения морфологии дна наблюдаются в районах, где присутствуют выходы метана и газогидраты.

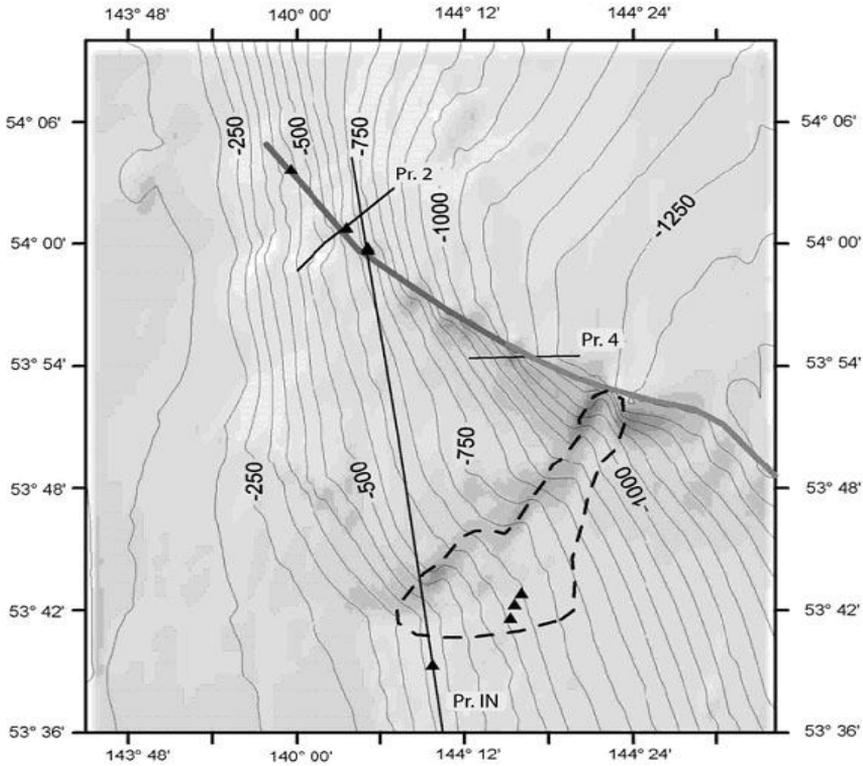


Рис. 2. Батиметрическая карта района разлома нис Лаврентьев (Matveeva et al., 2005). Пунктирная линия ограничивает юго-восточную оконечность изображенной формы рельефа, которая возможно является оползневым блоком. Треугольники – гидроакустические аномалии потоков пузырей метана

Заключение

В пределах акватории Охотского моря существуют фоновые и аномальные поля метана в воде и донных осадках. Величины фона и аномалий зависят от геоструктурного расположения газогеохимических полей, их источников и сейсмотектонической активности региона. Наиболее интенсивные аномальные поля метана образуются на восточном склоне о. Сахалин. Именно в этой области осуществляется основной вынос метана в водную толщу и в атмосферу с поверхности моря, а гидратсодержащие площади характеризуются развитием на поверхности морского дна морфонеровностей (холмов, воронок) и обнаруживают признаки возникновения оползневых процессов в пределах склона.

Литература

Matveeva T., Soloviev V., Shoji H., Obzhirov A. (Eds.). Cruise Report CHAOS-1: RV Academic M.A. Lavrentyev, cruises 31 and 32. SPb.: VNIIOkeangeologia, 2005. 164 p.

Zlobin T.K. The Earth's crust structure of the Okhotsk Sea and its oil & gas presence in the north-eastern (Kamchatsk-side) part (from seismic data). Yuzhno-Sakhalinsk: Publishing House of SakhGU, 2002. 98 p.

ОБЩНОСТЬ ПРОЦЕССОВ ФОРМИРОВАНИЯ РТУТНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ В МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ И РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ

Н.А. Озерова

ИГЕМ РАН, г. Москва, 119017 Старомонетный пер., 35, e-мейл: o-zero-v@mail.ru

Commonness of the processes for forming mercury concentrations in the fields of combustible minerals (gas, oil, coals and bituminous shale) and in mercury ore fields results from the planetary process of mercury degassing of the Earth when mercury in a flow of fluids is supplied from the mantle through deep faults. Geologic-historical aspects of mercury-bearing minerals are discussed primarily for the ore fields.

Общность процессов формирования ртутных концентраций в месторождениях горючих ископаемых (газ, нефть, угли, горючие сланцы) и в рудных месторождениях обязана планетарному процессу ртутной дегазации Земли, когда ртуть в потоке флюидов поступает из мантии по зонам глубинных разломов и участвует в формировании различных типов месторождений, тем самым обеспечивая определенную общность ртутьсодержащих месторождений.

Разработка концепции о ртутной дегазации Земли проводилась нами, начиная с 70-х годов, на основе всех известных геологических и геофизических материалов и результатов специальных геохимических исследований по поведению ртути в различных природных процессах – магматическом, осадочном, осадочно-метаморфическом, в метеоритах и в рудообразующих процессах. Исследования ртутоносности магматических пород, включая различные типы ультраосновных пород, а также кимберлитов и заключенных в них ксенолитов – отторженцев верхней мантии, позволили прийти к заключению, что те глубинные уровни Земли, которые представлены на поверхности этими породами, обеднены ртутью, т.е. верхняя мантия деплетирована, дегазирована в отношении ртути, а более глубокие уровни – нижняя мантия, судя по ртутоносности каменных метеоритов, существенно обогащены ртутью по отношению к ее кларку, примерно на два порядка; в то же время железное ядро, согласно данным по ртутоносности железных метеоритов, содержит лишь низкие концентрации ртути (Ozerova et al., 1973). Поступление ртути из мантии Земли хорошо объясняется механизмом прожигания флюидами вещества мантии, предложенным Ф.А. Летниковым (2001, 2002). На верхних этажах флюиды мигрируют по зонам глубинных разломов в периоды активизации их или их отдельных звеньев и участвуют в формировании месторождений различного состава. Отсюда ясно, что ртутьсодержащие месторождения приурочены к зонам глубинных разломов мантийного заложения, в период их активизации или активизации их отдельных звеньев.

Проиллюстрируем это на примере трех регионов: зоны глубинных разломов линеамента Карпинского – внутриконтинентальной структуры в пределах Евразии и планетарной структуры океан-континент: Восточно-Тихо-океанское поднятие – разлом Сан-Андреас и срединно-океанические хребты на севере, принадлежащей к основным меридиональным стволам мировой рифтовой системы.

1. Днепрово-Донецкая впадина и Донбасс – фрагмент линеамента Карпинского, где в узлах пересечения продольных и поперечных глубинных разломов локализованы ртутьсодержащие месторождения: ртутно-полиметаллическое Славинское месторождение и Никитовское ртутное поле с широким развитием в его пределах ртутьсодержащих углей (Hg – до 0,03 %, извлекалась на Горловском коксохимическом заводе в количестве 17–40 т ежемесячно). Далее на восток находятся ртутьсодержащие сурьмяное месторождение Веровское и свинцово-цинковые месторождения Нагольного Кряжа.

Здесь же, в пределах Днепрово-Донецкой впадины, нами установлены ртутьсодержащие газовые месторождения (Озерова, Пиковский, 1982; Озерова, Добрянский, 2001). Обращает на себя внимание тот факт, что практически все месторождения с наиболее повышенными содержаниями ртути приурочены к поперечным Криворожско-Комаричскому и Верховцевско-Льговскому разломам, обрамляющим с запада и востока Криворожско-Кременчугскую тектоническую зону. Это месторождения Гадячское, Бельское и Солоховское. Особенно выделяется высокими содержаниями ртути Опошнянское месторождение (до $1 \cdot 10^{-2}$ г/м³). Оно находится в наиболее проницаемой для мантийных флюидов зоне – узле пересечения сразу двух линеаментов мантийного заложения: линеамента Карпинского и Верховцевско-Льговского разлома, одного из ветвей Аравийско-Африканского линеамента (Чекунов, 1972). Кроме того, оно расположено в эпицентре изолиний близости к сильным землетрясениям. Все другие месторождения, расположенные в пределах линеамента Карпинского, но вне поперечных зон мантийного заложения, характеризуются чрезвычайно низкими содержаниями ртути: $(0,01–0,6) \cdot 10^{-6}$ г/м³.

2. Западная часть линеамента Карпинского подробно описана в наших работах (Озерова, 1981, 1986; Озерова, Пиковский, 1982). Здесь в узлах пересечения разломов линеамента Карпинского с крупными поперечными глубинными разломами расположены газовые месторождения с весьма высокими концентрациями ртути (до пределов насыщения в месторождении Зальцведель-Пекензен) и запасы ртути до 3 тыс. т. Ртуть в ряде этих месторождений попутно извлекается. Кроме ртутьсодержащих газовых месторождений в этой части линеамента Карпинского расположены ртутьсодержащие рудные месторождения, где ртуть в разные годы попутно извлекалась на металлургических заводах: медно-серебряное месторождение Гортдрам в Ирландии и колчеданное Рамельсберг в Германии. Эта часть линеамента Карпинского выделена нами как представитель нового типа ртутнорудных поясов (по ртутьсодержащим рудным, газовым и газонефтяным месторождениям).

3. В пределах зоны разлома Сан-Андреас на североамериканском континенте находятся ртутные месторождения: Нью-Альмаден и Нью-Идрия, характеризующиеся широким развитием нефти, твердых битумов из семейства асфальтитов и углеводородных газов. А на месторождении Нью-Альмаден описаны специфические образования – «пенистые» жилы, состоящие из сферических скорлупок опала или кварца, заполненных нефтью и газом, внутри которых иногда отмечается

киноварь. Здесь же известны ртутьсодержащие термальные источники, где в настоящее время образуется ртутная минерализация: Сульфур-Бэнк и Стимбот-Спрингс; газовая фаза источников Сульфур-Бэнк обогащена ртутью.

Южнее ртутных месторождений в пределах зоны разломов Сан-Андреас расположено газонефтяное месторождение Кимрик с чрезвычайно высокими концентрациями ртути в нефтях и углеводородных газах. Запасы ртути на месторождении порядка 1 тыс. т. В годы «ртутного бума» – 60-ые годы прошлого столетия месторождение эксплуатировалось как собственно ртутный объект.

Геолого-структурная позиция ртутных и ртутьсодержащего нефтяного месторождений и данные по изотопному составу углерода, кислорода и водорода (Vredenburg, Cheney, 1971; White, Barnes, O'Neil, 1983) позволяют полагать, что ртуть в составе флюидов и гидротерм поступает из глубин Земли по зоне глубинного разлома Сан-Андреас, а углеводороды поступают в зону этого разлома с нефтяными водами из нефтегазоносного бассейна Great Valley, расположенного к востоку от ртутного пояса Калифорнии.

И наконец, в северной части региона, в районе зоны разломов Сан-Андреас находится вулкан Сент-Хеленс, в эруптивной туче которого во время извержения вулкана в 1980 г. обнаружены повышенные содержания ртути в газовой составляющей – до $1,8 \cdot 10^{-6}$ г/м³ (Varecamp, Buseck, 1981).

В океанической части этой планетарной структуры нами установлены повышенные содержания ртути в сульфидных постройках на дне океана – до $1 \cdot 10^{-3}$ % в постройке Хуан де Фука. А.Ю. Лейн с коллегами (1988) приводит более высокие значения ртути в двух образцах сульфидов железа – 0,01 и 0,21 %. Кроме того, следует указать, К. Boström и D.E. Fisher (1969) выявили в южной части Восточно-Тихоокеанского поднятия обширный ареал ртути в донных осадках, а Сох и McMarty (1981) обнаружили повышенные содержания ртути в колонках скважин, что хорошо коррелирует с наличием высокого теплового потока в этом регионе. В пределах ртутного ареала в донных осадках Clark et al. (1969) установили «мантыйный» гелий. Приведенные материалы позволяют полагать, что по всей этой сложной структуре океан-континент: Восточно-Тихоокеанское поднятие – разлом Сан-Андреас – срединные океанические хребты на севере проявляются процессы ртутной дегазации Земли, обеспечивающие определенную общность различных природных образований в этой провинции.

Геолого-исторические аспекты ртутьсодержащих полезных ископаемых (эволюция процессов формирования ртутных концентраций в истории развития Земли). Они рассматриваются в основном для рудных месторождений; данных по концентрациям ртути в разновозрастных месторождениях горючих ископаемых практически нет.

Известно, что ртутные (киноварные) месторождения формировались в основном в кайнозойскую и мезозойскую эпохи рудообразования; выделяется также позднегерцинский этап ртутного рудообразования. Это ранее рассматривалось как следствие направленного развития земной коры и мантии или разрушения ртутных месторождений при термометаморфизме. Широкие исследования ртутьсодержимости рудных месторождений позволили внести коррективы в наши представления о масштабах концентрации ртути в ходе эволюции Земли (Озерова, 1986). Нет оснований полагать, что направленное развитие Земли привело к образованию ее крупных концентраций лишь на поздних стадиях. Ртуть очевидно в больших количествах выделялась при процессах дифференциации и дегазации

Земли на протяжении всей ее геологической истории. Менялась лишь форма ее проявления; и в этом заключается эволюция процессов формирования ртутных концентраций в истории развития Земли. На ранних стадиях развития основная часть ртути соосаждалась как изоморфная примесь преимущественно в колчеданных и свинцово-цинковых месторождениях, характеризующихся уникальными масштабами их проявления и высокой ртутоносностью (например, месторождения Брокен Хилл в Австралии, Суллеван в Канаде, Болиден в Швеции и др.), и в значительной степени рассеивалась в связи с широко проявленным базальтоидным магматизмом. А на поздних стадиях, особенно в киммерийский и альпийский этапы, когда резко сократился базальтоидный магматизм и связанное с ним сульфидное оруденение (Смирнов, 1979), ртуть получила возможность выделяться в основном в виде самостоятельных (киноварных) месторождений и лишь частично в месторождениях других металлов, а также в газовых и газонефтяных месторождениях.

РОЛЬ ДЕГАЗАЦИИ ЗЕМЛИ В ГЛОБАЛЬНОЙ ГЕОДИНАМИКЕ

Н.И. Павленкова

Институт физики Земли РАН, 123495 Москва, Б.Грузинская, 10

The degasification of the Earth plays a principal role in the formation of the continents. In the Archean-Proterozoi the increased degassing promoted formation of the thick continental lithosphere in the southern hemisphere. The latter has led to the mantle mass asymmetry which initiated its rotation around the core. In Mesozoic era the southern hemisphere expansion created the regular system of the mid-oceanic ridges. This system and the Pacific ring of the Benioff zones are now the main channels of the deep fluids advection.

Дегазация Земли и глубинные флюиды играют ведущую роль во многих геодинамических процессах, как один из главных источников энергии и глубинного вещества. Особые свойства этого источника – это быстрота переноса громадного объема энергии на большие расстояния без значительных потерь и способность концентрации ее в относительно небольшом пространстве. Трудно назвать область геологии, в которой дегазация Земли и глубинные флюиды не играли бы большую роль (Дмитриевский, Валяев, 2008). Это относится и к такой глобальной проблеме, как проблема формирования континентов и океанов, и всего современного облика Земли.

Роль флюидов в формировании континентальной литосферы установлена в результате многочисленных полевых и лабораторных петрологических исследований. В работах Б.Г. Лутца (1980) показано, что континентальная кора кислого состава формировалась из мантийного материала, насыщенного флюидами, а Ф.А. Летниковым (2006) обосновывается большая роль глубинных флюидов в формировании мощной континентальной литосферы, существенно отличающейся по составу от океанической литосферы. Геофизическими исследованиями установлено, что эти различия охватывают почти всю верхнюю мантию, то есть континенты имеют глубокие корни.

Все это дает основание предполагать, что дегазация Земли была неравномерной по площади и континенты образовались в областях повышенного флюидного потока. В наиболее интенсивных и стабильных по флюидному потоку областях

сформировались древние кратоны и крупные континенты с мощными литосферными корнями. В областях слабого флюидного потока образовались небольшие блоки коры промежуточного типа, которые разбросаны на океанических пространствах и природа которых постоянно вызывала большие дискуссии.

Формирование крупных неоднородностей в верхней оболочке Земли предопределило и всю дальнейшую историю глобального тектогенеза. Так, по палеомагнитным данным известно, что все континенты в архее и протерозое располагались в южном полушарии, то есть, в то время именно в южном полушарии происходила наиболее интенсивная дегазация Земли. Образование в этом полушарии мощной континентальной литосферы могло привести к смещению центров масс отдельных сфер Земли и к нарушению их равновесия (Баркин, 2002). Это в свою очередь могло привести к перемещению континентов с южного полушария на экватор, что и подтверждается палеомагнитными данными (Storretvedt, 1997). Учитывая мощные корни континентов и отсутствие единой астеносферы, можно предположить, что такое перемещение происходило за счет вращения всей мантии вокруг ядра (Павленкова, 2004; Pavlenkova, 2005).

Смещение континентов с южного полушария на север создало новое неравновесие центров масс сфер Земли. Современные структурные особенности южного полушария дают основание предполагать, что восстановление равновесия происходило за счет расширения этого полушария и формирования симметричной относительно южного полюса кольца океанических поднятий с ответвляющимися от нее срединно-океаническими хребтами. По геологическим и палеомагнитным данным эта система была создана в мезозойское время, по астрономическим данным расширение южного полушария продолжается до настоящего времени (Баркин, 2002). Есть основание предполагать, что и до настоящего времени дегазация Земли наиболее интенсивна в южном полушарии. В.М. Сывороткиным (2002) показано, что образование крупной озоновой дыры над Антарктикой связано с повышенным потоком водорода в этой части Земли.

Неравномерная дегазация Земли, как источник флюидной адвекции, играет решающую роль и в региональном тектогенезе. Большинство эндогенных режимов начинается с поступления в верхнюю мантию энергоемкого материала, и дальнейшее развитие того или иного режима зависит от состава этого материала и объема содержащегося в нем флюида. Режим флюидной адвекции (плюс тектоника) широко исследуется в настоящее время в так называемых горячих точках.

Результаты глубинных сейсмических исследований дают основание полагать, что флюидная адвекция играет важную роль и в образовании современных структурных особенностей верхней мантии. Под срединно-океаническими хребтами она приводит к формированию не выступа астеносферы, а серии астеносферных линз, чередующихся с областями высоких сейсмических скоростей (Павленкова и др., 1993). Под древними платформами глубинные флюиды создают геологически расслоенную литосферу. Так, по данным сверхдлинных сейсмических профилей, отработанных в России с ядерными источниками, выделены слои с пониженными скоростями и несколько региональных сейсмических границ (Павленкова, 2006). Волны от этих границ представлены многофазовыми интерференционными колебаниями с продолжительной кодой, что означает их формирование в сложно построенных гетерогенных зонах, характеризующимися чередованием слоев с пониженной и повышенной скоростью. Наиболее выдержанные по площади такие гетерогенные зоны выявлены на глубинах 100 и 200

км, то есть внутри литосферы. Никаких фазовых границ на этих глубинах в верхней мантии не обнаружено. Формирование таких зон можно объяснить концентрацией на определенных уровнях давления и температуры глубинных флюидов, их физико-химическими преобразованиями с выделением большего количества энергии. Последнее приводит к разрушению вещества или к его частичному плавлению. При изучении характера распределения глубоких землетрясений в пространстве отмечено, что большая их часть также сосредоточена на двух основных уровнях – на глубине около 100 и 200 км. Это наблюдается как в зонах Беньофа на окраинах континентов, так и внутри континентов. Можно предположить, что именно на этих глубинах происходят основные процессы декомпрессии глубинных флюидов, которые и являются источниками глубоких землетрясений. С этих же глубин выносятся основная масса ксенолитов (Гордиенко, Усенко, 2007).

В настоящее время неравномерность дегазации Земли во многом определяется структурой верхних оболочек Земли, наличием систем глубинных нарушений. Наиболее крупной такой системой является Тихоокеанское кольцо зон Беньофа, то есть зон концентрации глубоких землетрясений. По сейсмическим данным они представлены аномалиями повышенных скоростей, уходящим на большие глубины, иногда до ядра. Эти зоны являются основными каналами подъема к поверхности глубинных флюидов. Повышенные сейсмические скорости в них можно объяснить высоким давлением, созданным потоками флюидов, и выпадением плотных компонент, выносимых из ядра.

Литература

Баркин Ю.В. К объяснению эндогенной активности планет и спутников: механизм и природа ее цикличности // Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть, газ. Материалы международной конференции памяти академика П.Н. Крапоткина, 20-24 мая 2002, Москва. С. 18-21.

Гордиенко В.В., Усенко О.В. О геолого-геофизических критериях определения глубин магматических очагов в верхней мантии // Геофизический журн. 2007. Вып. 4. С. 31-38.

Дмитриевский А.Н., Валяев Б.М. (Отв. ред.). Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть и газ и их парагенезисы / Материалы Всероссийской конференции, 22-25 апреля 2008 г. М: ГЕОС, 2008. 625 с.

Летников Ф.А. Флюидный режим эндогенных процессов рудообразования // Геология и геофизика. 2006. Т. 47, № 12. С. 1296-1307.

Лутц Б.Г. Геохимия океанического и континентального магматизма. М.: Недра, 1980. 112 с.

Павленкова Н.И. Структура верхней мантии Сибирской платформы по данным, полученным на сверхдлинных сейсмических профилях // Геология и геофизика. 2006. Т. 47, № 5. С. 630-645.

Павленкова Н.И. Эмпирические основы ротационно-флюидной гипотезы глобального тектогенеза // Геофизический журн. 2004. Т. 26, №6. С. 41-60.

Павленкова Н.И., Погребницкий Ю.В., Романюк Т.В. Сейсмо-плотностная модель коры и верхней мантии Южной Атлантики на Анголо-Бразильском геотраверсе // Физика Земли. 1993. №10. С. 27-38.

Сывороткин В.М. Глубинная дегазация Земли и глобальные катастрофы. М.: ООО «Геоинформцентр», 2002. 250 с.

Bijwaard H., Spakman W., Engdahl E.R. Closing the gap between regional and global travel time tomography // J. Geoph. Res. 1998. V. 103. B12. P. 30055-30078.

Gilat A., Vol A. Primordial hydrogen-helium degassing, an overlooked major energy source for internal terrestrial processes // HAIT Journal of Science and Engineering B, Vol. 2, I. 1-2. P. 125-167.

Pavlenkova N.I. Fluids-rotation conception oa global geodynamics // Bull. Soc. Geol. It, Volume Speciale n.5. 2005. P. 9-22.

Storetvedt K. Our evolving planet: Earth history in new perspective. 1997. Bergen, Norway: Alma Mater, 456 p.

МАССОПЕРЕНОС ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ФЛЮИДАМИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ

**В.И. Петренко¹, О.В. Красильникова², Н.Н. Петренко¹,
И.Н. Петренко¹**

¹ Северо-Кавказский государственный технический университет
² ООО «Газпром добыча Астрахань»

Oil, gas, vapors of high-boiling hydrocarbons, water vapor of seam system of oil-gas-condensate field contains chemical elements. Oil and gas condensate are mainly used as fuel, resulting in removal of elements in the atmosphere. The estimation of items arrive in the atmosphere had performed for 85 years of development of oil, condensate and gas fields in the U.S.

За 85 лет (с 1918 по 2002 гг.) в США было добыто 28,07 млрд м³ нефти, 5,32 млрд м³ конденсата и 27,13 трлн м³ свободного газа. Нефть и газ как органическое топливо в конечном итоге сжигается, в результате чего происходят выбросы в атмосферу в основном углекислого газа. Если принять за среднюю величину образование 1,3 кг CO₂ при сжигании 1 кг бензина и других нефтяных горючих, и 0,83 кг CO₂ при сжигании 1 кг природного газа, то США за 85 лет «сбросили» в атмосферу 52 млрд т CO₂ (36,2 млрд т CO₂ при сжигании нефти и конденсата, и 15,8 млрд т CO₂ при сжигании природного газа).

Добыча нефти и газа сопровождается поступлением с ними попутных и конденсационных вод. Если за весь период разработки месторождений углеводородов обводненность нефти принять равной 40 %, то попутно с нефтью было извлечено 11,18 млрд м³ пластовой воды. Пластовый газ всегда обладает влагонасыщенностью, величина которой зависит от термобарических условий в залежи,

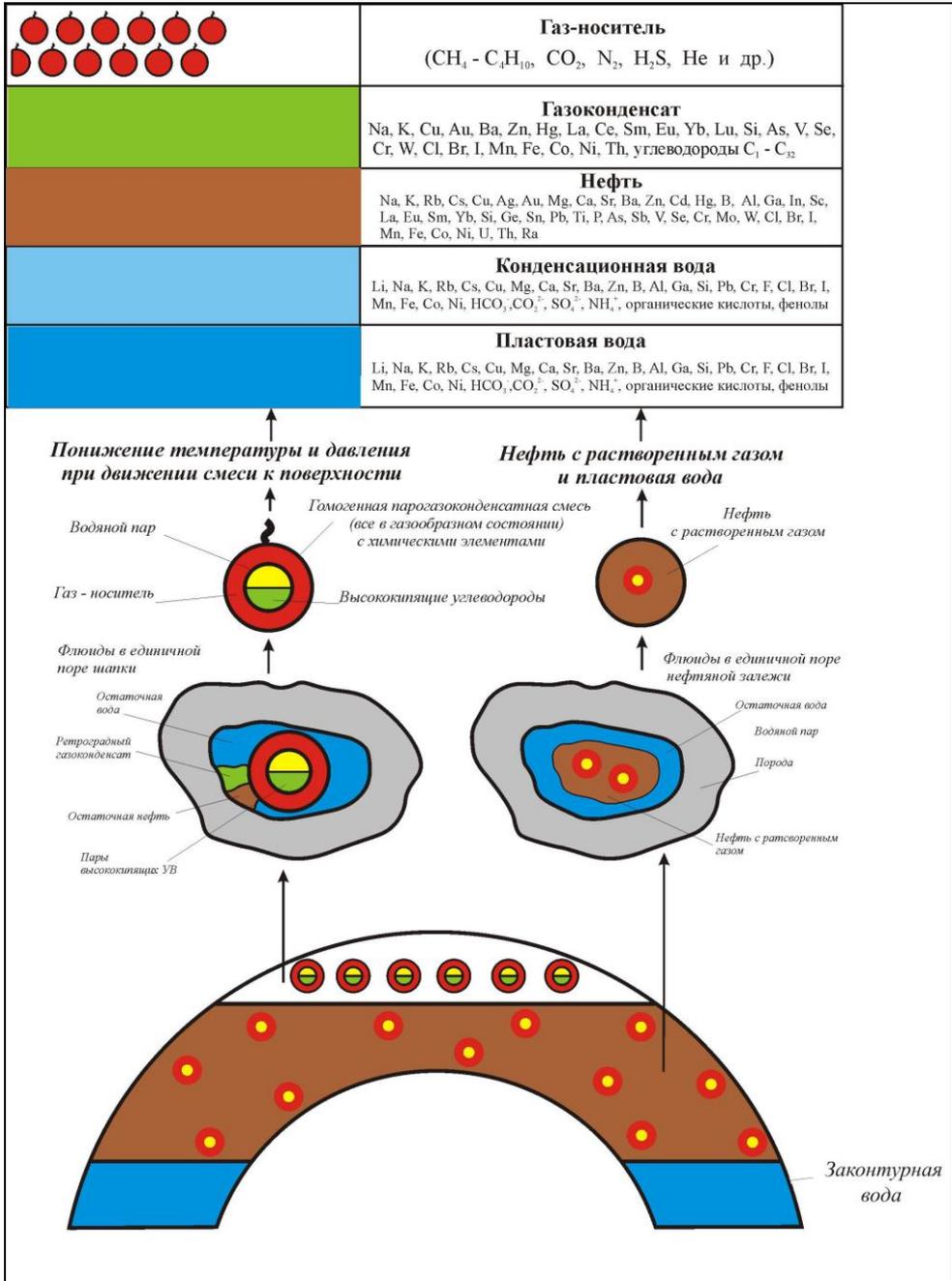


Рис. 1. Вынос химических элементов с добываемыми флюидами при разработке нефтегазоконденсатного месторождения

плотности добываемого газа и минерализации остаточной воды. При среднем влагосодержании пластового газа $0,00667$ мол. доли (5 г/м^3), рассчитанном для $p = 31 \text{ МПа}$, $t = 109 \text{ }^\circ\text{C}$, минерализации остаточной воды 56 г/дм^3 , (с поправоч-

Таблица. Суммарный массоперенос химических элементов с извлекаемыми флюидами (тыс. т) при разработке месторождений углеводородов США

Элемент	Нефть	Газоконденсат	Конденсационная вода	Пластовая вода	Все флюиды
Si	56,6	–	0,00029	69,8	126,400
Al	230,5	–	0,000058	4,59	235,090
Fe	322,6	10,7	0,0172	30,4	363,717
Ca	483,5	–	0,00272	6939	7422,503
Mg	238,2	–	0,000316	958	1196,200
Na	231,2	2,56	0,00298	83180	83413,763
Ti	22,0	–	–	–	22,0
Ba	4,66	1,06	0,000083	24,4	30,120
Mn	6,06	2,45	0,000247	12,0	20,510
Sr	562,9	–	–	286	848,9
V	649,1	2,66	–	–	651,76
Cr	882,9	15,1	0,000007	–	898,000
B	514,6	–	0,000026	977	1491,600
Ni	213,4	1,44	0,000055	–	214,840
Zn	45,3	4,90	0,000394	–	50,200
Cu	7,22	0,745	0,000393	–	7,965
Ga	5,08	–	0,000011	–	5,080
Co	26,7	0,532	0,000011	–	27,232
Pb	10,7	–	0,000042	–	10,700
Sn	1,82	–	–	–	1,82
As	4,07	0,024	–	–	4,094
Br	64,4	24,5	0,000010	651	739,900
Mo	23,5	–	–	–	23,5
I	129,1	5,22	0,0007	45,6	179,921
Ag	0,074	–	–	–	0,074
Li	–	–	0,00939	13,3	13,309
F	–	–	0,219	–	0,219
Cl	–	69,7	8,510	208236	208314,210
K	–	26,8	0,252	2880	2907,052
Sc	–	0,022	–	–	0,022
Se	–	0,299	–	–	0,299
Rb	–	1,16	–	–	1,16
Sb	–	0,080	–	–	0,080
Cs	–	0,052	–	–	0,052
La	–	0,021	–	–	0,021
Ce	–	0,003	–	–	0,003
Sm	–	0,005	–	–	0,005
Eu	–	0,176	–	–	0,176
Yb	–	0,064	–	–	0,064
Lu	–	0,001	–	–	0,001
W	–	0,068	–	–	0,068
Au	–	0,014	–	–	0,014
Hg	–	0,479	–	–	0,479
Th	–	0,136	–	–	0,136
U	–	0,204	–	–	0,204
HCO ₃ ⁻	–	–	12,296	3015	3027,296
SO ₄ ²⁻	–	–	2,764	658	660,764
NH ₄ ⁺	–	–	0,939	342	342,939
Итого	4736,184	171,175	24,990	308322,090	313254,439

ным коэффициентом на плотность газа 0,95) в добытом газе содержалось 181,83 млрд м³ водяного пара, полная конденсация которого для стандартных условий (p = 0,1013 МПа, t = 20 °С) привела к образованию 136,10 млн м³ конденсационной воды. Все добываемые флюиды содержат химические элементы. К настоящему времени в нефтях обнаружено [С.А. Пунанова] 36 химических элементов (Si, Al, Fe, Ca, Mg, Na, Ti, Ba, Mn, Sr, V, Cr, B, Ni, Zn, Cu, Ga, Co, Pb, Sn, As, Br, Mo, I, Ag, Cl, K, Sc, Rb, Sb, Cs, Be, La, Eu, Hg, U) суммарной массой 173,9 г/м³, в конденсатах – 31 элемент (Fe, Na, Ba, Mn, V, Cr, Ni, Zn, Cu, Co, As, Br, I, Cl, K, Sc, Se, Rb, Sb, Cs, La, Ce, Sm, Eu, Yb, Lu, W, Au, Hg, Th, U) массой 26,35 г/м³, в конденсационных водах – 25 элементов (Si, Al, Fe, Ca, Mg, Na, Ba, Mn, Cr, B, Ni, Zn, Cu, Ga, Co, Pb, Br, I, Li, F, Cl, K, HCO₃⁻, SO₄²⁻, NH₄⁺) массой 467,5 г/м³. Что касается попутных пластовых вод, то можно ожидать, что в них присутствуют все 50 элементов, обнаруженных в нефтях, конденсатах и конденсационных водах. Нами же для последующих оценок принят солевой состав вод апт-альбского водоносного комплекса Западного и Центрального Предкавказья, для которых определены средние концентрации лишь 18 элементов (Si, Al, Fe, Ca, Mg, Na, Ba, Mn, Sr, B, Br, I, Li, Cl, K, HCO₃⁻, SO₄²⁻, NH₄⁺) общей массой 55,70 кг/м³.

На рисунке приведена схема поступления химических элементов при одновременной эксплуатации нефтяной залежи и газоконденсатной шапки при частичном обводнении месторождения.

Имея суммарную добычу углеводородов, попутных и конденсационных вод, а также среднюю концентрацию химических элементов в них, оценили массу веществ, поступивших с извлеченными флюидами на поверхность (таблица).

ФОРМИРОВАНИЕ АВПД ПРИ ЭНДОГЕННОМ ПРОГРЕВЕ ГАЗОВОЙ ЗАЛЕЖИ

В.И. Петренко, В.Я. Зленко, М.А. Бондаренко, Н.Н. Петренко

Северо-Кавказский государственный технический университет

An entry of magmatic melt to the distinct area of Earth's crust containing gas deposits can cause significant local warming of it. The temperature increase of a gas deposit located constantly at a determined depth, leads to the increase in pressure due to gas expansion and increasing saturation by water vapors. The degree of pressure increase in the modeled methane gas deposit is appreciated in this work for temperature range from 120 to 360 °С.

Имеется обширная научная литература, посвященная формированию аномально высокого пластового давления (АВПД) в залежах углеводородов (УВ).

Согласно выводам авторов большинства работ, АВПД может формироваться в результате проявления геотектонических факторов, соляного тектогенеза, уплотнения глинистых толщ, от воздействия температуры на породы и насыщающие их флюиды.

Ознакомление с приведенными и другими многочисленными публикациями, посвященными рассматриваемой проблеме, позволяет авторам настоящей работы утверждать, что до настоящего времени не рассматривался механизм формирова-

ния АВПД в газовых и газоконденсатных месторождениях в результате фазовых переходов остаточной воды при повышении температуры пласта. Возрастание температуры может происходить в результате подъёма магматического расплава.

Сравнительно быстрый подъём магматического расплава может обусловить значительное возрастание эндогенного теплового потока в локальной области земной коры с прогревом толщи пород и содержащихся в них флюидов. Выполнена оценка возрастания пластового давления в метановой газовой залежи в результате расширения CH_4 и фазового перехода остаточной воды, вызванных повышением температуры пласта.

Расчеты велись для газовой залежи с начальным пластовым давлением (P) 27,20 МПа и начальной температурой (T) 120°C. Для расчёта параметров пластового газа использовались собственные корреляции влагонасыщенности метана, построенные по экспериментальным данным, коэффициент газонасыщенности ($\square\square$) принят равным 0,8; начальные запасы пластового газа, представленного парогазовой смесью ($V^{ПГС}$), составляют 100,56 млрд м³; начальная влагонасыщенность смеси (W) равна 0,0118 мольной доли; остаточная вода принята деминерализованной, зависимость её плотности от температуры была аппроксимирована по данным работы (М.П. Вукалович и др., 1969) параболой четвёртой степени. Состояние смеси описывается уравнением Редлиха-Квонга

$$P = \frac{RT}{V - b} - \frac{a}{V(V + b)T^{0.5}}, \quad (1)$$

где a и b – параметры Редлиха-Квонга для парогазовой смеси, вычисляемые по формулам смешения [8]

$$a = a_o(T)W^2 + 2W(1-W)(4,96a^{ПГ})^{0.5} + a^{ПГ}(1-W)^2, \quad (2)$$

$$b = b_oW + b^{ПГ}(1-W). \quad (3)$$

Здесь a_o и b_o – параметры Редлиха-Квонга для водяного пара, приведённые в работе [7]. Для метана ($\text{CH}_4^{ПГ}$) параметры Редлиха-Квонга приняты по [9]: $a^{ПГ} = 3,356 \text{ МПа}(\text{дм}^3/\text{моль})^2\text{К}^{0.5}$; $b^{ПГ} = 31,074 \text{ см}^3/\text{моль}$. Коэффициент сверхсжимаемости Z для парогазовой смеси вычислялся методом последовательных приближений по формуле

$$Z - \frac{Z}{\left(Z - \frac{aP}{RT}\right)} + \frac{aP}{\left(Z + \frac{bP}{RT}\right)R^2T^{2.5}} = 0, \quad (4)$$

где в качестве первого приближения принималось $Z = 1$. Коэффициент пластового объёма смеси вычислялся из

$$B_g = \frac{T_{СТ}}{P_{СТ}} \frac{P}{ZT}, \quad (5)$$

где $T_{СТ}$ и $P_{СТ}$ – стандартные температура и давление, равные 293 К и 0,101325 МПа, соответственно. Запасы обезвоженного газа и водяного пара вычисляли по формулам

$$V^{ПГ} = (1 - W)V^{ПГС}; \quad V^{ВГ} = WV^{ПГС}. \quad (6)$$

Объём порового пространства, занятого смесью, находится из

$$\Omega^{ПГС} = \frac{V^{ПГС}}{B_g}, \quad (7)$$

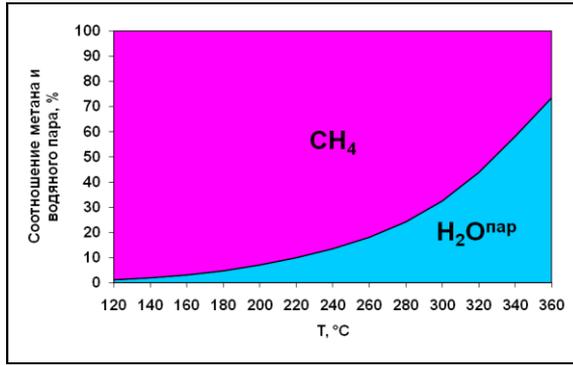


Рис. 1. Соотношение метана и водяного пара в залежи

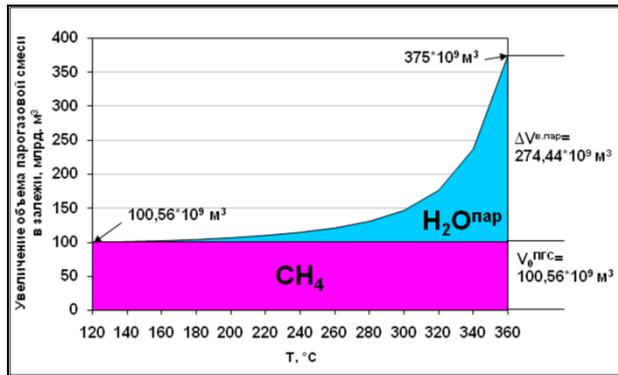


Рис. 2. Возрастание объема парогазовой смеси в залежи

откуда объем порового пространства, занятого остаточной водой, составит

$$\Omega_{ВЖ} = \Omega_{ПГС} \frac{1 - \alpha}{\alpha}. \quad (8)$$

Полный объем порового пространства равен

$$\Omega = \Omega_{ПГС} + \Omega_{ВЖ}. \quad (9)$$

Вычисление давления при температурах выше 120 °С выполнялось по формуле (5), записанной относительно давления

$$P = T \frac{P_{СТ}}{T_{СТ}} B_g Z^{ПГС}. \quad (10)$$

Полученные данные показывают, что эндогенный прогрев газовой залежи приводит к значительному изменению соотношения метана и водяного пара в связи с увеличением объемов (для стандартных условий) метана из-за его температурного расширения, а водяного пара в связи с испарением остаточной воды (рис. 1 и 2).

Прогрев залежи обуславливает значительное возрастание пластового давления (рис. 3). Так, при начальных термобарических параметрах залежи ($P = 27,20$ МПа, $T = 120^\circ \text{C}$) влагонасыщенность пластового газа равнялась 0,0118 мол. д., при этом парциальные давления CH_4 и водяного пара ($\text{H}_2\text{O}^{\text{пар}}$) составляли соответственно 26,54 и 0,66 МПа. При возрастании температуры в закрытой залежи

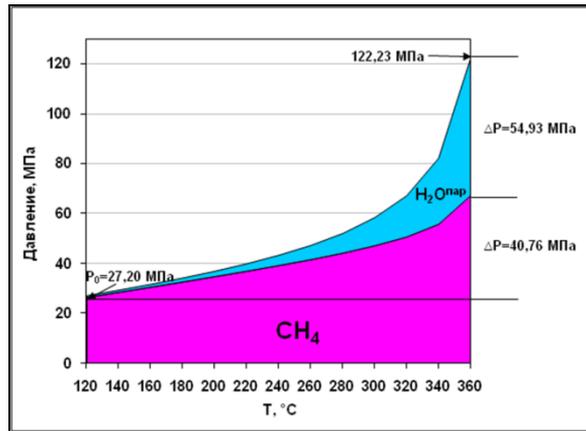


Рис. 3. Динамика возрастания парциального давления метана и водяного пара

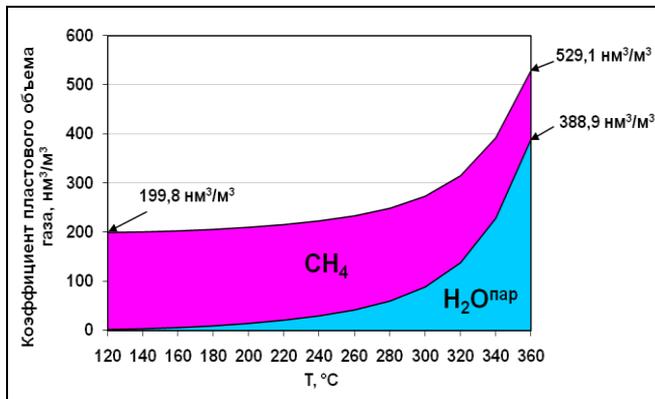


Рис. 4. Соотношение CH_4 и $\text{H}_2\text{O}^{\text{пар}}$ в 1 м^3 сжатого газа

до $360 \text{ }^\circ\text{C}$ пластовое давление достигнет $122,23 \text{ МПа}$, т.е. возрастёт в $4,49$ раза. При этом парциальное давление CH_4 составит $67,30 \text{ МПа}$, а парциальное давление $\text{H}_2\text{O}^{\text{пар}}$ достигнет $54,93 \text{ МПа}$.

В действительности подобного роста пластового давления в газовой залежи не будет наблюдаться, так как неизбежны газогидроразрывы покрывки или подошвы газонасыщенного пласта с проникновением парогазовой смеси в соседние водонасыщенные пласты.

Интересна динамика роста коэффициента пластового объема газа и соотношения в сжатом газе метана и водяного пара (рис. 4). Как видно из рисунка, при начальных P и T в залежи в 1 м^3 сжатого газа содержится $199,80 \text{ м}^3$ пластового газа, состоящего из $197,4 \text{ м}^3$ метана и $2,36 \text{ м}^3$ водяного пара (для стандартных условий). При повышении температуры до $280 \text{ }^\circ\text{C}$ в 1 м^3 сжатого газа уже будет содержаться $249,13 \text{ м}^3$ пластового газа, представленного $188,93 \text{ м}^3$ метана и $60,20 \text{ м}^3$ водяного пара. Если же в закрытой залежи температура поднимется до $360 \text{ }^\circ\text{C}$, то 1 м^3 газонасыщенного порового объема (равнозначно 1 м^3 сжатого газа) будет содержать $529,14 \text{ м}^3$ пластового газа, состоящего из $140,23 \text{ м}^3$ метана и $388,91 \text{ м}^3$ водяного пара.

РУДОГЕНЕЗ В НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ БАССЕЙНАХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ

И.Г. Печенкин

ФГУП «ВИМС», Москва, Россия, vims-pechenkin@mail.ru

Consideration of the impact of epigenesis on the transformation of rocks of the sedimentary cover and gaseous liquid fluids generated in them, as well as the regularities in this process, which is dominated by the tectonic factor owing to the movement of lithosphere plates allowed us to substantiate the distinction of three interrelated ore-forming systems. The study of interrelations between the ore-forming systems at the recent stage of geological evolution in the territory of Central Asia within the boundaries of large crustal blocks with a certain ore potential in the spatiotemporal coordinates has enabled us to distinguish a number of geostructural settings with the hydrogenous ore formation.

Потенциал рудоносности нефтегазоносных бассейнов, приуроченных к платформенному чехлу Центральной Азии, определяется интенсивностью преобразования пород (в зависимости от их положения в коллизионных структурах) и возможностью последующего перехода полезных компонентов в газовожикий флюид с перемещением к участкам газо- и нефтелокализации, а в дальнейшем, уже в растворах, к областям рудообразования. Ведущая роль в этом движении принадлежит эксфильтрационному, инфильтрационному или гетерогенному гидродинамическим режимам, наличие и проявленность которых зависит от положения артезианских бассейнов в крупных геотектонических блоках на разных стадиях их развития (рис. 1).

Эпигенетические процессы подразделяются на две большие группы: стадийные и наложенные. Стадийный эпигенез происходит, преимущественно, в пределах одного комплекса (толщи, горизонта) пород без внедрения различных дополнительных флюидов. Все изменения, обусловленные внедрением вещества со стороны, следует относить к наложенным эпигенетическим. Они охватывают наибольшие объемы пород, как по горизонтали, так и по вертикали. Сформированные при этом эпигенетические зональности отражают области выщелачивания, генерации, миграции и концентрации полезных компонентов.

Все эпигенетические изменения и сформированные в связи с ними месторождения полезных ископаемых являются производными единого процесса – развития осадочного бассейна. Образование различных объектов разделено как во времени, так и в пространстве и подчиняется, в первую очередь, тектоническому фактору.

Изучение осадочных бассейнов Центральной Азии от Каспийского до Желтого моря и от Южного Приаралья до предгорий Тибета показало, что новейший этап геологического развития является определяющим при образовании различных эпигенетических месторождений. Большую роль играет изучение пространственно-временных рамок рудогенеза в нефтегазоносных бассейнах. Последовательность процессов формирования наложенных изменений окислительного и восстановительного ряда и их взаимоотношение – один из ведущих факторов, влияющих на распределение полиминерального оруденения. Это определяется двойной ролью углеводородных флюидов и продуктов их разрушения при этом процессе. С одной стороны битуминизация проницаемых пластов, а также связан-

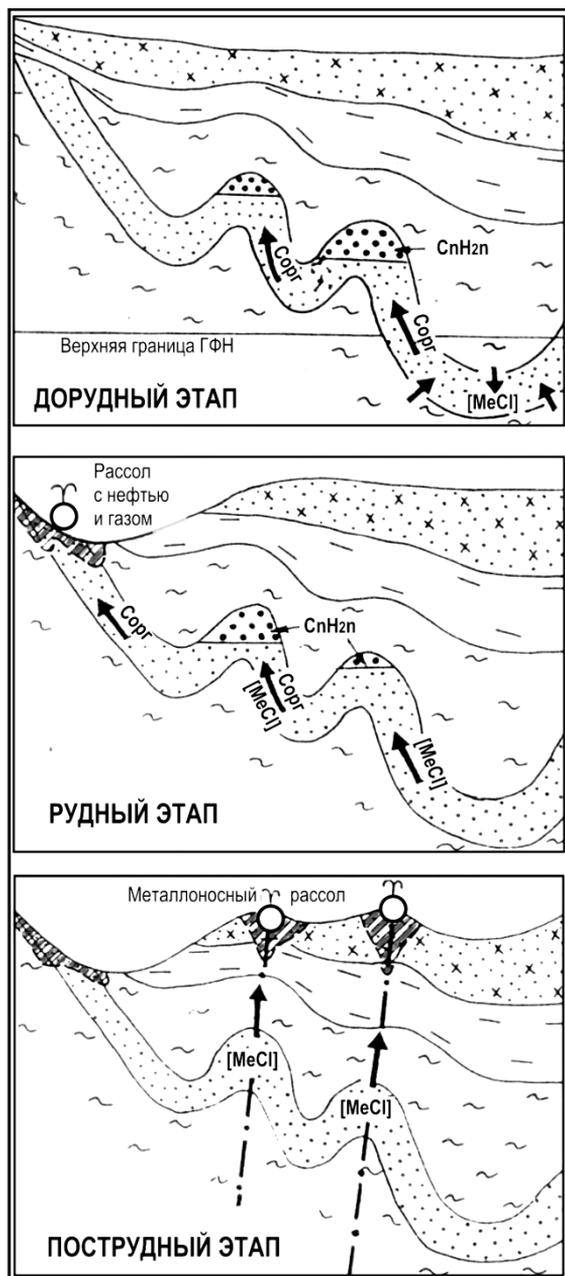


Рис. 1. Схема разделения газожидкого флюида

ные с этим пиритизация, доломитизация и др. изменения, создают благоприятную геохимическую обстановку восстановительного характера и привноса ряда элементов для образования ряда месторождений рудного и нерудного сырья. С другой – внедрение битумов и их разрушение в зоне аэрации, приводит к захоронению сформированного ранее оруденения и исчезновению следов его образования (эпигенетической зональности).

На протяжении новейшего этапа геологического развития в регионе породы осадочных бассейнов, вмещающие газожидкие флюиды, претерпевали различные изменения. Они обусловлены положением структур в различных тектонических областях (ороген, "субороген"), наличием хорошей связи областей питания с перспективными горизонтами и присутствием ярко выраженных очагов разгрузки для инфильтрационных гидrogenных условий. Эксфильтрация связана с особенностями строения осадочной толщи, которая должна пройти главные фазы нефте- или газообразования для приобретения газожидким флюидом восстановительного потенциала. Разгрузка

таких растворов будет осуществляться при раскрытии гидрогеологических систем. Этот процесс обусловит формирование эксфильтрационной восстановительной зональности. Взаимоотношение двух взаимоисключающих процессов и определяет перспективы рудоносности изученной территории.

Переход полезных компонентов в раствор тесно связан со степенью стадийного преобразования пород. Этот процесс необратим и происходит в определенной последовательности. На полноту стадийных эпигенетических изменений и их скорость влияет ряд факторов, среди которых можно выделить, такие как: глу-

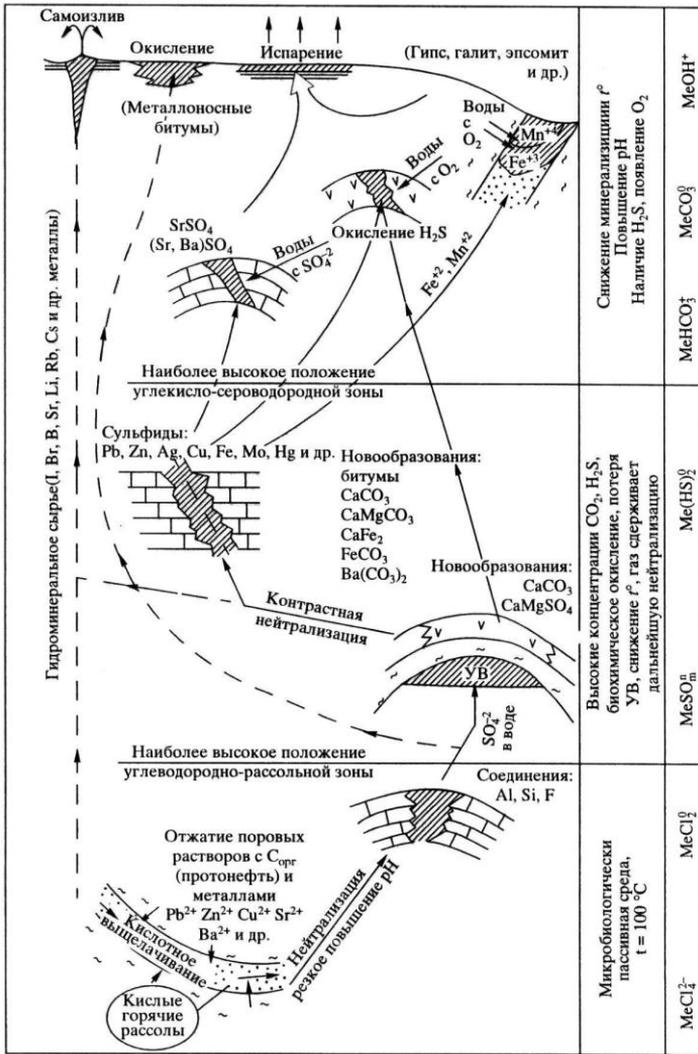


Рис. 2. Схема последовательности эксфильтрационного рудогенеза

бина погружения пород, возрастающее при этом горное давление, прогретость недр и их стрессовые преобразования в следствии орогенизации.

В результате восходящих тектонических движений закрытые гидродинамические системы, в пределах которых шли процессы, связанные со стадийным эпигенезом, постепенно становятся открытыми. Их раскрытие сопровождается стремлением пластовых вод и углеводородов к очагам разгрузки (компрессионный механизм). В результате происходят необратимые

процессы с газожидким флюидом с постепенным разрушением сформированной ранее единой многокомпонентной системы. Полная декомпрессия в коллекторах создает возможность для инфильтрации пластовых вод. Эти процессы ведут к началу наложенных эпигенетических преобразований (рис. 2).

Накопление потенциальной рудообразующей энергии при стадийных изменениях резко возрастает при орогenezе, а затем частично реализуется на начальной стадии наложенного эпигенеза при декомпрессии в коллекторах. Это происходит пульсационно и зависит от степени орогенизации территории. Данные процессы влияют на формирование и движение газожидкого флюида, который и является основным поставщиком рудных и нерудных полезных компонентов к местам их локализации.

В результате преобразований в пределах осадочного чехла платформ Центральной Азии формируются и действуют три взаимосвязанные рудообразующие системы, которые объединяют все гидрогенные месторождения региона.

Первая – стадияльная (катагенетическая), является основной нефтегазогенерирующей и подготовительной для второй – эксфильтрационной.

Вторая – ведущая при образовании месторождений рудных (Pb, Zn, Mo, As, Mn и др.) и нерудных (барит, целестин, флюорит, сера и др.) полезных ископаемых. Она так же служит дополнительным источником ряда других элементов (TR, Se, Re, V, и др.) и восстановителей, роль которых проявляется с началом “работы” третьей – инфильтрационной системы.

Последняя рудообразующая система главенствует при формировании полиминеральных урановых руд. Совокупность процессов рудообразования, как во времени, так и в пространстве определяет минерагеническую специализацию отдельных крупных геологических блоков изученной территории.

О СОВРЕМЕННОЙ АКТИВИЗАЦИИ КРИВОРОЖСКО-КРЕМЕНЧУГСКОГО РАЗЛОМА УКРАИНСКОГО ЩИТА

П.И. Пигулевский¹, В.К. Свистун¹, А.П. Толкунов², И.С. Чуприна³

Днепропетровская геофизическая экспедиция «Днепрогеофизика» (1) Государственного геофизического предприятия «Укргеофизика» (2), Днепропетровск-Киев, Украина

Capabilities of usage the results of automated monitoring hydrodynamical characteristics of groundwater, as way of registration present day diastrophic activity of Krivoy Rog-Kremenchug zone of fault and geochemical changes in the rock mass near-fault are considered.

Введение. Днепропетровская геофизическая экспедиция (ДГЭ) «Днепрогеофизика», с октября 2007 года начала работы по мониторингу гидрогеодинамических параметров подземных вод на территории Днепропетровской области. Региональное изучение термобарического режима подземных вод с целью исследования особенностей эволюции гидрогеодеформационного поля и регистрации аномалий, которые являются предвестниками землетрясений, в асейсмичных регионах Украины системно не проводилось. Полученные за период наблюдений результаты мониторинга используются для формирования региональной базы данных, которая имеет большое значение не только для прогнозов землетрясений и инженерных исследований (выполняющихся, как на стадии изысканий, так и на стадии строительства и эксплуатации техногеннонебезопасных сооружений), но и для познания современных геодинамических процессов происходящих в литосфере.

Организация гидрогеодинамических наблюдений. При изучении режима подземных вод в Днепропетровской области были выбраны для мониторинга два пункта наблюдений в городах Днепропетровске и Кривом Роге. Эти пункты были оборудованы специальными автономными регистрирующими «интеллектуальными» датчиками (ИД), которые установлены непосредственно в скважине №14431 глубиной 815 метров со статическим уровнем воды 106 метров от дневной поверхности (г. Кривой Рог) и в контрольно-градуировочной скважине на производственной базе инженерно-геофизической партии ДГЭ глубиной 85 метров со статическим уровнем воды – 17 м (г. Днепропетровск). С сентября 2009 года таким же ИД была оборудована контрольно-градуировочная скважина на базе

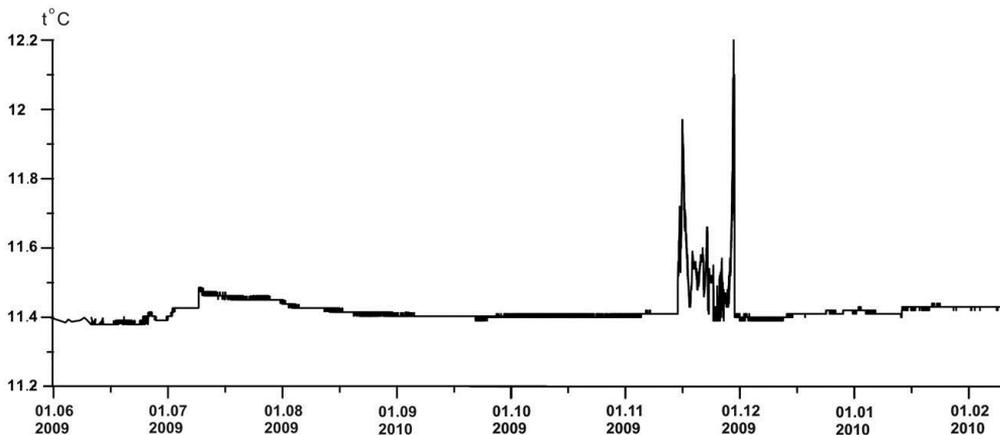


Рис. 1. Пример мониторинговых наблюдений за температурой подземных вод в г. Кривой Рог (интервал 5 минут)

Белозерской геофизической партии ДГЭ в п.г.т. Михайловка Запорожской области (глубиной 220 метров и статическим уровнем воды – 8 м).

В г. Кривой Рог ИД расположен в зоне влияния Криворожско-Кременчугского глубинного разлома, в г. Днепропетровске (на левом берегу р. Днепр) и в п.г.т. Михайловка (на левом берегу Каховского водохранилища) – в пределах монолитных массивов гранитоидов Среднеприднепровского мегаблока. Частота регистрации данных наблюдений с октября 2007 г. до июля 2008 года была запрограммирована на интервал в 20 минут, а в дальнейшем, по настоящее время, – на интервал 5 минут. Периодически результаты измерений через интерфейсный блок считываются компьютером. Имеющиеся программы обработки полученных данных позволяют сформировать региональную базу геодинамических и термобарических параметров подземных вод и обеспечивают ее статистическую обработку, визуализацию информации в графическом и цифровом виде [1].

Результаты исследований. Сформированная база данных позволяет получить за любой отрезок времени информацию о зависимости колебаний уровня воды (статического и геодинамического) и температуры в наблюдательных скважинах от изменения напряженно-деформационного состояния земной коры и атмосферного давления на протяжении почти 30 месяцев (с октября 2007 по май 2010 гг.). По гидрогеодинамическим параметрам и их реакции на деформации сжатия и растяжения в верхних слоях Земли хорошо фиксируются не только общие (круглогодичные) и региональные изменения колебаний уровня подземных вод (в зависимости от тектонических движений в земной коре), но и локальные (местные) особенности неотектонических событий. Материалы мониторинга показывают, что зарегистрированные термобарические изменения параметров воды имеют широкий частотный и амплитудный спектр.

На протяжении 2008–2009 гг. с помощью температурных наблюдений ИД была зафиксирована активизация Криворожско-Кременчугского глубинного разлома (рис. 1), при отсутствии существенных сейсмических воздействий в этой зоне.

Как видно на рис. 1 отмечается современная активизация тектонических процессов в массиве докембрийских пород, которая, по всей видимости, раскрывает

сеть мелких разломов и повышает трещиноватость этих зон. На протяжении 2008 года напряженно-деформационных изменений в Криворожско-Кременчугском разломе не зафиксировано. В 2009 году были зарегистрированы 2 момента его активизации: – первый, начался 8 июня в 3 часа 40 минут и закончился 2 августа в 1 час 25 минут; – второй, начался 11 ноября в 22 часа 00 минут и закончился 29 ноября в 2 час 30 минут. Как видно на рис. 1 первое событие было слабоинтенсивным и оно проявилось в повышении температуры не более чем на 0,06–0,07 °С. Второе событие было более интенсивным. При этом повышение температуры в отдельные промежутки времени (импульсы) составляло 0,6–0,8 °С и достигало абсолютных отметок в 11,95 и 12,2 °С.

Обсуждение результатов. В ходе мониторинговых исследований подтверждается продолжение современной активизации геодинамических процессов в докембрийских разломах с одновременным течением экзо- и эндотермических реакций, свидетельствующих о геохимических изменениях при переработке приразломных массивов горных пород с образованием геохимических аномалий и месторождений полезных ископаемых. Этот вывод базируется на полученных результатах исследований измерений температурного режима воды в скважине, обусловленного глубинной транспортировкой флюидов в пределах зоны Криворожско-Кременчугского разлома. Возможно, предположить, что движение флюидов в разломе носит импульсный режим. Однако, полученные данные (в одной точке) не позволяют однозначно утверждать, что пульсирующие изменения температуры вызваны активизацией только Криворожско-Кременчугского разлома. Возможно, в процессе задействованы все разломы этого направления и опояривающие его системы. К этому выводу склоняет и многообразие выявленных в значительных объемах рудных полезных ископаемых, в первую очередь, элементов группы железа, урана, золота, цветных металлов (Pb, Cu) и др.

В тоже время практика геохимических исследований показывает, что разрывы, контролируемые аномалиями отдельных металлов и их ассоциаций, практически не совпадают с разрывами, контролируемыми углеводородными аномалиями, что, по-видимому, свидетельствует о многостадийности и разобщенности во времени поступления в данную нефтегазо-руднообразующую геохимическую систему углеводородов и металлов.

Как известно, Криворожско-Кременчугский разлом пересекает известные геоструктуры Восточно-Европейской платформы (Причерноморскую впадину, Украинский щит, Днепровско-Донецкую впадину и Воронежский кристаллический массив). Обобщение полученных результатов моделирования гравитационного поля, сейсмических и геоэлектрических материалов в ДГЭ «Днепрогеофизика» свидетельствует, о наличии связи между плотностными неоднородностями самой верхней части мантии, нижней и средней частей земной коры с выявленными генетическими типами месторождений и геохимической специализацией приповерхностной части коры, доступной для буровых работ. С учетом изложенного возможны дополнительные объяснения условий формирования месторождений элементов группы железа в пределах Криворожско-Кременчугского глубинного разлома на Украинском щите и Воронежском кристаллическом массиве, а в Днепровско-Донецкой впадине – залежей углеводородов.

Заключение. Полученные данные мониторинга могут свидетельствовать о том, что процессы миграции по глубинным тектоническим зонам химических элементов, их рассеяния и концентрации (образование залежей) и, соответствен-

но, гидротермально-метасоматические и эпигенетические изменения вмещающих пород происходят по настоящее время и по всей многокилометровой колонне рудообразующих геохимических систем.

Они показывают, что, с одной стороны, время рудообразования может по стратиграфическому уровню не соответствовать возрасту вмещающих пород, а со второй, активизация глубинных разломов на длительном промежутке времени может нести и различную геохимическую нагрузку, которая определяется процессами, происходящими в мантии в момент его импульсной активизации.

Литература

Пигулевский П.И., Свистун В.К., Толкунов А.П., Чуприна И.С. Использование данных мониторинга гидродеформационных характеристик подземных вод для прогнозирования тектонических процессов в массивах горных пород // Науч. труды УкрНИИМИ НАН Украины. Вып. 5 (ч. 2) / Под ред. А.В. Анциферова. Донецк, 2009. С. 122-131.

КРИТЕРИИ ВЫЯВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОВ ДЕГАЗАЦИИ ЗЕМЛИ НА ПРИМЕРЕ ЮЖНО-ТАТАРСКОГО СВОДА И ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ

И.Н. Плотникова

Казанский (Приволжский) Федеральный университет,
г. Казань, Россия, 420008, Кремлевская, 18, irena-2005@rambler.ru

Irina N. Plotnikova

Kazan Federal University, Kazan

Degassing is a main process in the Earth's development, and the deep, reduced fluids belong to a wide range of degassing products. The crystalline basement studies executed in Tatarstan permit the observation of the most recent indications of deep, hydrogen-hydrocarbon degassing. Factors that affect the formation of large and giant oil fields include the fluid dynamic development of sedimentary basins and the formation history of their consolidated crusts.

К настоящему времени для территории Татарстана разработано несколько тектонических схем кристаллического фундамента (КФ), в разной степени отражающих генетическую основу его внутренней структуры. Анализ геологического строения осадочного чехла показывает, что системы разломов, заложенных в докембрийское время, проявляли активность и в последующие этапы геологического развития.

Кристаллический фундамент Татарского свода согласно современным представлениям является постоянно развивающейся системой. Геодинамическими исследованиями установлено, что зоны нефтегазоаккумуляции приурочены к глубинными разломам, тектоническая активность которых продолжается и в настоящее время. Современная тектоническая активность проявляется в изменчивости во времени гравитационного и магнитного полей, современных движениях земной поверхно-

сти, отражается в геохимических аномалиях в глубоких горизонтах и вблизи поверхности, в характере теплового поля и в современных разгрузках флюидных систем до разного гипсометрического уровня, иногда вплоть до поверхности.

Режимные наблюдения показали изменчивость во времени флюидных разгрузок, свидетельствующих о том, что и в настоящее время эти процессы продолжают. Выполненные ранее под руководством Д.К. Нургалиева исследования магнитной структуры кристаллического фундамента территории Республики Татарстан (РТ) позволили предположить наличие «молодых» аномалий магнитного поля, имеющих источники вблизи поверхности кристаллического фундамента. Относительный возраст аномалий оценивался по нарушениям первичной крупномасштабной магнитной структуры поверхности кристаллического фундамента. Предварительный анализ повторных магнитных съемок на территории РТ указывает на значительные изменения аномального магнитного поля над областями «молодых» магнитных аномалий. Предварительные данные указывают на пространственную связь подобных аномалий с зонами нефтености осадочного чехла. Все это позволило предположить возможность изменения магнитных минералов, в первую очередь – сульфидов, в зонах наличия потоков флюидов через поверхность кристаллического фундамента.

Поскольку тектоника и блоковое строение кристаллического фундамента определяют блоковое строение осадочного чехла, зоны тектонических нарушений фундамента проникают и в осадочный чехол. Следовательно, геодинамические процессы осадочного бассейна во многом будут определяться геодинамикой его кристаллического основания. Проявление геодинамических процессов, установленных в фундаменте Южно-Татарского свода, свидетельствует о том, что отдельные участки осадочных бассейнов древних платформ продолжают развиваться и в настоящее время. Это наиболее актуально для окраин древних платформ, трансформированных столкновением литосферных плит.

Согласно исследованиям Р.П. Готтих и Б.И. Писоцкого, в пределах исследуемого региона на протяжении истории его развития периодически происходили процессы обмена веществом и энергией между различными оболочками, обеспечившие как становление древних супкрукстальных комплексов в условиях инверсий редокс-потенциала, так и наличие в геологическом разрезе толщ с аномальными геохимическими характеристиками. Формирование последних происходило под влиянием пульсационно поступающих в седиментационные бассейны газовых эманаций, содержащих широкий комплекс микроэлементов.

В параметрической скважине 20009-Новоелховской бурением вскрыты разуплотненные зоны кристаллического фундамента, в том числе на глубине более 3,0 км ниже его кровли. По геофизическим данным таких зон выделено более 60-ти. Основная часть из них расположена на глубине более 5000 м. Многие разуплотненные зоны характеризуются повышенными газопоказаниями, что было зафиксировано в пробах глинистого раствора. С 1991 по 1996 годы в скважине неоднократно отбирались пробы глинистого раствора с определенных глубин и проводилось изучение их газонасыщенности. Исследования показали, что количество растворенных углеводородных газов и их состав менялись во времени. К примеру, анализ материалов показывает, что на одной и той же глубине скважины во времени наблюдался рост суммарных газопоказаний глинистого раствора.

Пять скважин в пределах Южно-Татарского свода, в которых бурением были вскрыты водонасыщенные разуплотненные зоны фундамента, стали объектами

мониторинга состава пластовых вод. В результате длительного опробования была получена пластовая вода из фундамента. Разрез осадочного чехла в них перекрыт колонной, что исключает перетоки и поступление воды из осадочного чехла. Фундамент не затронут разработкой и техногенными воздействиями. Поэтому наблюдения за динамикой пластовых вод фундамента являются наблюдениями за природными процессами, а не за последствием разработки нефтяных пластов осадочного чехла.

Скважины переведены в разряд пьезометрических, в которых на протяжении нескольких лет проводился мониторинг уровней воды в скважине, состава воды, состава растворенных в ней газов. Мониторинг и анализы воды выполнялись под руководством Р.Л. Ибрагимова. Наблюдения показали, что уровни, газонасыщенность, минерализация, плотность, состав пластовых вод из разуплотненных зон фундамента меняются во времени. Меняется компонентный состав воды, ее окислительно-восстановительный потенциал, количество хлора, некоторых других компонентов а также содержание микроэлементов. Во всех скважинах в пробах, отобранных в августе–сентябре 1998 года, отмечено снижение общей минерализации и хлора и некоторое увеличение углекислого газа. В отдельных скважинах это сопровождалось понижением плотности воды, а в других – плотность сохранялась за счет увеличения содержания железа. С июня по сентябрь 2000 года во всех рассмотренных скважинах по газовым показателям отмечался всплеск содержания водорода, метана, а в отдельных случаях – гелия. Аналогичные изменения выявлены и в составе водорастворенного органического вещества. Анализ результатов временных вариаций газогидрохимических компонентов подземных вод кристаллического фундамента показал их тесную взаимосвязь с сейсмической активностью территории. В качестве индикаторов взаимосвязи были выделены общий азот, водород, метан, в меньшей степени – углекислый газ и гелий (Р.Л. Ибрагимов, 2004).

Наличие факта вариаций гидрохимических показателей свидетельствует о следующем. В кристаллическом фундаменте на различных глубинах существуют условия для активного перемещения флюидных масс, которое происходит в настоящее время. Вариации содержания водорода, углекислоты, азота, бора указывают на роль глубинной составляющей в тепломассопереносе, что в свою очередь указывает на современные процессы флюидизации и тепломассопереноса, происходящие в земной коре изучаемого региона. Это подтверждается и результатами мониторинга тепловых полей, выполненного на базе многолетних высокоточных термометрических исследований под руководством Н.Н. Христофоровой.

Поскольку кристаллический фундамент и осадочный чехол представляют собой единый гидродинамический резервуар, флюидодинамические процессы, происходящие в земной коре, влияют и на развитие осадочного бассейна. Это четко продемонстрировано результатами мониторинга плотности нефтей из залежей осадочного чехла. Проведен анализ плотности нефтей из пьезометрических скважин (которые не участвовали в разработке, а являлись наблюдательными). Периодические отборы нефти в более 200 скважинах восточной части Татарстана, в первую очередь – Ромашкинского месторождения, показали, что плотность нефти периодически уменьшается. Допустимо предположение, что это является результатом периодического поступления в залежь легких углеводородов. Изменение состава газов в разуплотненных зонах фундамента, изменение газонасыщенности пластовых вод фундамента и их состава, уменьшение плотности

нефти осадочного чехла – это следствия одного процесса, который свидетельствует о движении флюидов (растворов и растворенных в них газов) по разуплотненным зонам и разломам земной коры и осадочного чехла. Движение является преимущественно вертикальным и восходящим, хотя не исключается миграция по субгоризонтальным зонам разуплотнения в толще кристаллического фундамента.

Глубокие и сверхглубокие скважины, пробуренные в Татарстане, представляют собой уникальный полигон, на базе которого может быть организована система геообсерваторий. Многие из скважин обсажены эксплуатационной колонной, что позволяет использовать различные приборы в режиме мониторинга на протяжении длительного времени. Это позволит изучать процессы дегазации, миграции флюидов, регистрировать геоакустические шумы, указывающие на происходящие деформационные процессы в слоях земной коры.

Специальные наблюдения в системе мониторинга позволят изучить современную геодинамику пассивных окраин древних платформ, современные гидротермальные процессы, происходящие в земной коре.

«ТРУБЫ» УГЛЕВОДОРОДНОЙ ДЕГАЗАЦИИ КАК МЕХАНИЗМ ВОЗОБНОВЛЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ И БАЗИСНАЯ ПОСЫЛКА ДЛЯ ПРОГНОЗА НЕФТЕГАЗОПЕРСПЕКТИВНЫХ ЗОН

В.К. Поликарпов, Г.А. Ладнер

ФГУ НПП «Геологоразведка», СПб

The facts renewal of stocks hydrocarbons and an arrangement of deposits in crystal breeds put in-prosy before prospecting and extracting branches: before prospecting branch it is working out of technology of the control for renewal of stock, and by working out of deposits this coordination of volumes of extraction with inflow hydrocarbon. The decision of these problems probably with application of geophysical and geochemical methods.

Вопрос об истощении и возобновлении запасов углеводородов активно обсуждается в последние годы. Ряд современных исследователей считает возобновляемость запасов УВ установленным фактом [4, 5, 6], основанным на наблюдениях по ряду регионов.

Один из первых в России примеров возобновляемости запасов месторождений нефти был установлен в Терско-Сунженском районе Чеченской республики. Первые скважины здесь были пробурены и начали эксплуатироваться в 1893 году. К началу Великой Отечественной войны все скважины сильно обводнились и часть из них была законсервирована. После войны добычу восстановили, т.к. почти все высоко обводненные скважины вновь начали давать безводную нефть. В 90-х годах ситуация повторилась.

Нечто похожее установлено на Ромашкинском месторождении, разрабатываемом уже более 60 лет. По оценкам геологов, запасы месторождения составляли 710 млн т нефти, однако на сегодня добыто около 3 млрд т нефти и предполагается, что разработка месторождения продолжится до 2200 года [6].

Восполняемость запасов отмечена на Уренгойском, Ем-Еговском и Шебелинском (Украина) месторождениях [6]. Многократное превышение подсчитанных запасов нефти в ходе разработки месторождений и пульсирующий режим «нефтеотдачи» отмечены и в других регионах: на ряде месторождений Западной Сибири (Усть-Балыкское, Октябрьское и другие), Северного Кавказа, в районе Цхенис-Цхали. Нельзя не упомянуть и о месторождении «Белый тигр» на морском шельфе Вьетнама.

Возобновляемость запасов УВ ставит вопросы, связанные с извечной дискуссией между сторонниками биогенной и абиогенной теориями происхождения нефти и формирования месторождений УВ. Неорганическая модель нефтегенеза была сформулирована еще Д.И. Менделеевым. Позже абиогенная гипотеза образования месторождений УВ развита в работах Кропоткина П.Н., Кудрявцева Н.А. [1, 2] и других геологов. Серьезный вклад в развитие этих идей положили работы Д.С. Коржинского, а также А.Д. Щеглова, который ввел понятие «нелинейной минерагении» [3].

Авторами рассматривается концептуальная модель формирования УВ, предложенная Ф.А. Алексеевым и О.С. Кочетковым [8] с дополнениями Поликарпова В.К. и Штокаленко М.Б. [8, 9].

Предлагаемая модель обосновывает формирование залежей УВ под действием флюидодинамических систем – глубинных дизъюнктивных флюидопроводящих структур различного ранга, контролирующих размещение как углеводородных, так и рудных месторождений и обуславливающих формирование геофизических и геохимических аномалий над залежами УВ. Проницаемые зоны фиксируются в физических и геохимических полях, благодаря протекающей по ним миграции подвижных форм химических соединений и развитию наложенной минерализации.

Суть концепции заключается в том, что от глубинных источников, расположенных, вероятно, ниже границы «М», происходит восходящая миграция соединений углерода и водорода по крутопадающим тектонически ослабленным проницаемым зонам (рис. 1). Эти зоны характеризуются пониженной плотностью по отношению к вмещающим их породам, что обуславливает возникновение локальных отрицательных аномалий силы тяжести. Субвертикальные каналы восходящей миграции сопровождаются опережающими разломами. Образующаяся при этом расширяющаяся вверх воронкообразная структура напоминает систему трещин, формирующихся в твердых пластинах при точечном ударном воздействии. Подобная картина наблюдается при подъеме границы «М» (например, мантийные диапиры) и формировании тектоно-магматических структур центрального типа. Радиально-симметричное расположение тектонических нарушений, контролирующих локализацию залежей УВ, отмечает также ряд других исследователей [6].

Воронкообразные структуры зон повышенной флюидопроницаемости сложены аномалиеобразующими магнитными и плотностными телами, верхние кромки которых расположены в платформенном чехле или в верхней части фундамента, а нижние кромки – вблизи или ниже изотермической поверхности формирования флюидов УВ (300–400 °С). Достижение нижней кромкой воронки изотермы формирования флюидов УВ может указывать на возможность скопления УВ в вышележащих породах при наличии условий для их аккумуляции.

В процессе диагенетических преобразований осадков при температуре 100–150 °С, благоприятной для формирования месторождений УВ происходит дефлюидация пород, насыщение пор углеводородами, их миграция и концентрация в

структурных ловушках. Подобная схема формирования УВ может объяснить возобновление запасов на разрабатываемых месторождениях и формирование месторождений не только в осадочных, но и в кристаллических породах (рис. 3) при наличии благоприятных структурных предпосылок [6].

Воронкообразная в разрезе структура, образованная группой аномалиеобразующих магнитных и плотностных тел может служить важным поисковым признаком залежей УВ (рис. 2). Флюидопроводящие структуры выявляются по результатам решения обратных задач грави- и магниторазведки при построении глубинных геофизических разрезов по региональным профилям и оцениваются по данным геохимической съемки с определением подвижных компонентов, а также при помощи геотермических расчетов. Современные технологии обработки геолого-геофизических данных совместно с материалами дистанционного зондирования Земли позволяют локализовать площади для поисковых работ уже на ранних стадиях геологоразведочного процесса.

Литература

1. Кротошкин П.Н. Дегазация земли и генерация углеводородов // Вест. хим. о-ва. 1986. № 5.
2. Кудрявцев Н.А. Генезис нефти и газа. Л.: Недра, 1973.
3. Щеглов А.Д., Говоров И.Н. Нелинейная металлогения и глубины Земли. М.: Наука, 1985.
4. Красный Л.И., Красный М.Л. Значение возобновляемости минеральных ресурсов в геологии полезных ископаемых // Докл. АН РФ. 2008. Т. 418, №3. С. 1-5.
5. Глузов И.Ф., Плотникова И.Н., Муслимов Р.Х. Нефтяные и газовые месторождения – саморазвивающиеся и возобновляемые объекты // Геология нефти и газа. М., 2004. С. 43-49.
6. Материалы межд. научн. конф., Углеводородный потенциал фундамента молодых и древних платформ, Казань, 06-08.09.2006. С. 3-9.
7. Поликарпов В.К., Козлов С.А., Скопенко Н.Ф., Штокаленко М.Б. Интерпретация магнитных и гравитационных аномалий с целью прогноза нефтегазоносности территории // Геофизика XXI века – прорыв в будущее. Тез. докл. международной геофизической конференции. – М., 2003. (англ., рус.)
8. Поликарпов В.К., Штокаленко М.Б., Козлов С.А. Решение двухмерных обратных задач магнито- и гравитационной разведки с целью прогноза месторождений углеводородов // Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей: Материалы 32-й сес. Международного науч. семинара им. Д.Г. Успенского. Пермь: Горный ин-т УрО РАН, 2005. С. 233-235.

УГЛЕРОДИСТЫЕ ВЕЩЕСТВА В ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ УРАНОВЫХ И РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ

А.А. Поцелуев

634034 г. Томск, пр. Ленина 30, Томский политехнический университет.

It is shown that in the ores of uranium and rare-metal deposits the solid carbonaceous substances (graphite, amorphous carbon, anthraxolite, kerite) and hydrocarbons in the composition of gases (from methane to the hexane) of fluid inclusions are widespread. Isotopic-geochemical and mineralogical data indicate their formation in the common process with the basic ore mineralization from the metalliferous fluid.

Таблица 1. Твердые углеродистые вещества в редкометалльных и урановых месторождениях (с использованием данных [6, 11–13 и др.]).

Тип ТУВ	Месторождения, рудопроявления	Минеральные ассоциации	Элементы примеси (микровключения)
Графиты (аморфный углерод)	Редкометалльные: Калгутинское, Чердожк, Коктенколь, Фестивальное, Ковалеровский рудный район, Сарычевская вулканоплутоническая структура и др.	Кварц, топаз, мусковит, вольфрамит, молибденит, халькопирит, пирит, висмутин, пованит, гладит, ильменит, самородные – Au, Cu, Fe, Pb+Sn, реже Al, Pb, Sn, Fe+Zn, OsIr	Bi, Cu, Pb, Fe, Zn, Sb, Ag, Au, Hg, Te, S
	Урановые: Акканбурлук, Дергачевское, Косачинское	Кварц, турмалин, мусковит, апатит, марказит, браннерит, настуран, молибденит, арсенопирит, пирротин	Н.д.
Антраксолиты	Урановые: Ишимское, Акканбурлук, Восток, Косачинское, Маньбайское, Стрельцовское	Кварц, апатит, пирит, настуран, коффинит, халькопирит, галенит, анкерит, доломит, монтмориллонит, пирротин	Mg, Si, Zr, Pb, U, Hg, Sb, As, Ag, Hf, Ti
Кериты	Урановые: Ишимское, Онкажинское, Стерлитамакское	Кварц, анкерит, пирит, настуран, сфалерит, галенит, самородные Au, Ag	Si, Ca, Al, Hg, Mg, Ti, Mn, Fe, Pb, Cu
Оксалаты (вевеллит)	Урановые: Стрельцовское	Кварц, кальцит, флюорит	Н.д.

К настоящему времени установлено, что твердые углеродистые вещества (ТУВ) широко встречаются в самых разнообразных эндогенных образованиях и, в том числе, в различных по составу полезных ископаемых [1–6 и др.]. В связи с углеродистыми веществами устанавливаются повышенные концентрации золота, серебра и платиноидов [7, 8 и др.].

ТУВ выявлены во многих урановых и редкометалльных месторождениях (табл. 1). Представлены они, главным образом, графитом, аморфным углеродом, антраксолитом и керитом. Редко встречаются оксалаты.

В редкометалльных грейзеновых месторождениях основным ТУВ является графит, реже встречается аморфный углерод [1, 4, 13 и др.]. В большинстве случаев графит образуется в составе поздних кварц-сульфидных минеральных ассоциаций [7, 13]. Совместно с графитом встречаются самородные минералы – золото, серебро, висмут, алюминий, медь, железо и др. [1, 4, 7, 8 и др.]. В большинстве случаев подчеркивается, что содержание графита растет с глубиной, либо графитсодержащие породы и руды отмечаются только на глубоких горизонтах месторождений [4, 8].

ТУВ урановых месторождений представлены графитами, антраксолитами, керитами, оксалатами (табл. 1). Преобладают антраксолиты и кериты [2, 11 и др.]. Иногда в ассоциации с ними отмечаются находки самородного свинца, меди, золота и серебра [6]. Вевеллит образует кристаллы в кальците [11].

Газообразные УВ (ГУВ) встречаются в составе флюидных включений (ФВ) многих урановых и редкометалльных месторождений [11 и др.]. Среди них основным компонентом является CH_4 , но встречаются и более тяжелые УВ вплоть до гексана.

ГУВ отмечаются в составе ФВ минералов, главным образом, основного продуктивного этапа рудообразования, и, как правило, отсутствуют в пострудных минеральных ассоциациях. На детально изученных объектах установлено, что с глубиной в рудных зонах заметно увеличивается концентрация угарного газа, ГУВ, водорода [10, 13, 19].

При изучении руд гидротермальных месторождений в магматических породах проблема источника углерода ТУВ решается однозначно [3, 5, 9, 17, 18]. В ряде случаев предполагается, что углерод мог быть заимствован флюидами на более глубоких горизонтах из вмещающих пород. Но результаты изучения газового состава флюидных включений и изотопии углерода, доказывают его гомогенный состав и мантийную природу [9, 12].

Наличие ТУВ в составе руд и метасоматитов, наличие ГУВ в составе флюидных включений, их приуроченность к основным продуктивным стадиям рудообразования, закономерности пространственного распределения однозначно свидетельствует об их генетической связи.

Эволюцию физико-химических условий в области рудообразования, изменение состава флюида, отложения ТУВ и зонального распределения элементов можно представить в виде единой модели. В области транспортировки флюид был «сухим» безводным, в его составе преобладали углеводородные соединения и водород. На это указывает резкое повышение содержания ГУВ во ФВ и общее снижение концентрации воды и углекислоты с глубиной на изученных месторождениях. В таких флюидах металлы присутствовали в виде подвижных ЭОС.

В области окисления первично восстановленного водород – углеводородного флюида происходит распад ЭОС, появление оксидов и формирование рудной минерализации. Очевидно, что неполное частичное окисление ГУВ является основной причиной образования ТУВ.

Предметом постоянных дискуссий по проблемам гидротермального рудообразования являются вопросы источника воды, а по сути, как в данном случае, необходимо рассматривать источники кислорода. Исследованиями Ф.А. Летникова и Н.В. Сизых [15] показано, что глобальные процессы появления кислорода в составе флюидов связаны с гранитизацией базит-гипербазитовой протокры Земли. Нами установлено, что значительные выделения кислорода происходят и при околорудных изменениях средних и основных пород, в которых доля кислорода максимальна.

Высвобождающийся кислород будет взаимодействовать с газовыми компонентами флюида, с образованием оксидных соединений. Этот механизм может быть наиболее важным при переходе газового восстановленного металлоносного флюида в гидротермальный раствор.

На многих гидротермальных месторождениях в связи с УВ устанавливаются повышенные концентрации золота и платиноидов. На детально изученных месторождениях отмечаются нелинейные закономерности в распределении углерода, основных рудных и благородных металлов [8]. Участки с наиболее высоким

содержанием металлов располагаются вблизи изолинии с определенной концентрацией углерода. Это подчеркивает генетическое единство ТУВ и благородных металлов в рудах и их общую связь с процессами распада ЭОС и эволюцией флюида в области рудообразования. Как правило, эти месторождения контролируются зонами глубинных долгоживущих разломов и в составе руд отмечается широкий спектр элементов, отражающих слабо дифференцированную мантийную природу рудообразующих флюидов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 10-05-00115).

Литература

1. *Хамрабаев И.Х.* Магматизм и постмагматические процессы в Западном Узбекистане. Ташкент: Изд-во АН УзбССР, 1958. 472 с.
2. *Ашихмин А.А.* Твердые углеродистые вещества в гидротермальных образованиях Ишимского рудного поля и некоторых других месторождений Северного Казахстана // Материалы по геологии урановых месторождений. Информационный сборник. М.: ВИМС, 1971. Вып. 19. С. 73–84.
3. *Банникова Л.А.* Органическое вещество в гидротермальном рудообразовании. М.: Наука, 1990. 207 с.
4. *Бахарев А.Г., Шкодзинский В.С., Жданов Ю.А.* Графитсодержащие кислые магматические породы Тас-Кыстабытского магматического пояса Верхояно-Колымской складчатой области // Отечественная геология. 2005. № 5. С. 54–57.
5. *Мелков В.Г., Сергеева А.М., Сучкова И.П.* Твердые углеродистые вещества эндогенных урановых месторождений. М.: ВИМС, 1983. 301 с.
6. *Мельников В.И., Варданянц А.В.* Особенности минералогии гидротермального этапа в молассоидных осадочных толщах Онкажинского урановорудного месторождения в Тувинском прогибе // Геология месторождений урана, редких и редкоземельных металлов. М.: ВИМС, 1987. Вып. 108. С. 82–90.
7. *Новгородова М.И.* Самородные металлы в гидротермальных рудах. М.: Наука, 1983. 288 с.
8. *Поцелуев А.А., Рихванов Л.П., Владимиров А.Г. и др.* Калгутинское редкометалльное месторождение (Горный Алтай): магматизм и рудогенез. Томск: СГТУ, 2008. 226 с.
9. *Пеньков В.Ф.* Генетическая минералогия углеродистых веществ. М.: Недра, 1996. 224 с.
10. *Слободской Р.М.* Элементоорганические соединения в магмогенных и рудообразующих процессах. Новосибирск: Наука, 1981. 136 с.
11. *Ищуква Л.П.* Урановые месторождения Стрельцовского рудного поля в Забайкалье. Иркутск: Типография «Глазовская», 2007. 260 с.
12. *Стрельцов В.А., Дойникова О.А.* О причинах радиоактивности углеродистого вещества в залежи 7 месторождения Дорнот // Геология месторождений урана, редких и редкоземельных металлов. М.: ВИМС, 1987. Вып. 106. С. 75–77.
13. *Томсон И.Н., Сидоров А.А., Полякова О.П. и др.* Графит-ильменит-сульфидная минерализация в рудных районах Востока СССР // Геология рудных месторождений. 1984. № 6. С. 19–31.
14. *Борисенко А.С., Холмогоров А.И., Боровиков А.А. и др.* Состав и металлоносность рудообразующих растворов Депутатского оловорудного месторождения (Якутия) // Геология и геофизика. 1997. Т. 38. № 11. С. 1830–1841.
15. *Летников Ф.А., Сизых Н.В.* Роль процессов гранитизации в формировании кислородной атмосферы Земли // Доклады РАН. 2002. Т. 386. № 4. С. 1–4.

ФЛЮИДНЫЙ РЕЖИМ КАК ФАКТОР ИЗМЕНЕНИЯ РЕОЛОГИИ ГОРНЫХ ПОРОД И ХАРАКТЕРА ДЕФОРМАЦИЙ

Е.С. Пржиялговский

Геологический институт РАН, Москва

The recent data on the deep fluid flows and “nontraditional” deposits of hydrocarbons (out of the sedimentary cover, gashydrate, *etc*) require reconsideration not only the problem of hydrocarbons sources, but also the genesis of the tectonic structures of the deposits. Fluid regime can be the efficient factor of a change in the rheology of rocks, formation or destruction of oil-and-gas traps.

В настоящее время в связи с новыми данными по глубинным флюидным потокам и «нетрадиционным» месторождениям углеводородов (УВ), в частности, расположенным вне осадочного чехла, газогидратных и других, весьма актуальным является критический анализ геологического материала и продолжение научной дискуссии не только по проблеме источников УВ, но и по формированию тектонической структуры месторождений.

Как известно, характер деформаций горных пород в значительной степени определяется их реологией. В пределах крупных объемов деформируемых пород довольно часто можно обнаружить тектонические структуры, сформировавшиеся синхронно и в едином поле тектонических напряжений, которые являются отражением как хрупких, так и пластических деформаций. Классическими примерами проявления различных стилей синхронных деформаций являются структуры контрастных по вязкости пород – аргиллитов и песчаников, мраморов и вулканитов.

В то же время, стиль деформаций и реологические характеристики пород не всегда определяется их составом, важнейшую роль играет обводненность (в приповерхностных условиях) и интенсивность проявления гидротермальных и метаморфо-метасоматических процессов. Как известно, деформационные структуры в нелигитифицированных обводненных осадках и глубокометаморфизованных комплексах часто обнаруживают морфологическое сходство [4, 7], что проявляется не только в форме складок и других структур пластических деформаций, но и в неравномерности проявления пластических деформаций в крупных объемах горных пород. Структуры тектонического течения приурочены к относительно маломощным зонам – зонам проницаемости и флюидонасыщенности. Блоки пород, ограниченные этими зонами, остаются практически не деформированными, и на более высоком уровне рассмотрения структура имеет блоково-разломный характер. Это справедливо не только для внутрипластовых деформаций и оползневых структур эпизоны (представляющих, в частности, интерес в связи с газогидратными залежами), но и для «обычной» глубинной складчатости метаморфических комплексов.

В качестве примера можно указать структуры раннепротерозойской активизации, проявившейся на всех древних платформах и протекавшей в условиях не ниже эпидот-амфиболитовой фации метаморфизма. Многочисленные вязкопластические смещения этого этапа рассредоточены во всем объеме зон активизации, концентрируясь на некоторых участках в виде плоскостных зон сдвигового течения [10]. Для этих зон в гнейсовых комплексах характерны калишпатовые бластомилониты, мигматиты, замещение биотита мусковитом, появление глиноземистых минералов, изменение кислотности пород. Подобные преобразования

могут происходить лишь при интенсивной флюидной проработке, активизирующей реакции привноса-выноса практически при одних и тех же параметрах температуры и литостатического давления внутри и вне зоны проницаемости. Протяженные тектонические зоны не являются разломами в общепринятом понимании, разнонаправленные пластические деформации вдоль этих зон проявляются спорадически. В региональном масштабе рассмотрения подобные структуры являются зонами трещиноватости или кливажа, и уменьшение эффективной вязкости пород, увеличение скорости и пластичности деформаций логичнее рассматривать как результат, а не как причину увеличения притока водных и углекислотных флюидов и метасоматоза. Тем не менее, сам флюид вероятнее всего имеет местное происхождение и обусловлен процессами дегидратации пород, которые косвенно зависят от деформации [3].

В рассмотренном примере очевидно, что не только насыщенность флюидом, но и обусловленные флюидами процессы минерального замещения и перекристаллизации могут являться фактором увеличения пластичности деформаций. (Естественно, о пластичности деформаций в геологической среде можно говорить с некоторой условностью, что связано не только с проблемой преобразования породы в процессе деформации, но зависит также и от масштаба рассмотрения структур.) В зонах флюидной проницаемости деформации могут иметь наиболее пластичный характер, при этом деформации более высокого порядка обладают чертами хрупкого разрушения, формируя разломно-блоковую структуру. На еще более масштабном – региональном – уровне рассмотрения крупные объемы пород (благодаря рассредоточенности смещений по множеству нарушений) часто вновь обнаруживают признаки тектонического течения – квазипластической деформации.

Проникновение разогретых глубинных флюидов, обусловленных магматической активностью, в верхние горизонты земной коры может иметь взрывоинъекционный характер и сопровождаться образованием специфических пород – флюидизатов (туффизитов) [2]. Последние представляют собой брекчии (хаотические комплексы) с фрагментами вмещающих пород в тонком матриксе того же состава с карбонатной или другой проработкой, иногда с вулканическими стеклами и пневмолитически образованными минералами. Крупные обломки пород имеют обычно округлую форму, а породы в целом приобретают вид конгломератов [1, 2]. Флюидизаты обладают удивительной подвижностью, внедряясь во вмещающие породы по трещинам или в виде диатрем подобно магмам, занимая ту же позицию, что и тела кимберлитов, с которыми они часто связаны генетически. Структурообразующая роль глубинных флюидных потоков во всех их проявлениях исследована слабо и чаще всего сводится образованию вертикальных трубообразных зон разрушения и, в какой-то мере – к образованию диапиров. По-видимому, учитывая большую текучесть флюидонасыщенных пород, можно ожидать формирование не только вертикальных, но и внутрипластовых или приразломных структур протрузивного типа с горизонтальным перемещением насыщенных флюидами пород – флюидизатов.

Флюидная проработка (гидротермальные процессы разной глубинности и температуры, метасоматические реакции) отмечаются для большинства протрузий дезинтегрированных гранитоидов, реидные деформации и эксгумация которых связываются с грануляцией пород, а сами деформации относятся к квазипластическим [5, 8]. Эти структуры представляют особый интерес для нефтяной геологии, так как при подъеме к поверхности в результате декомпрессии и дилата-

ционного эффекта увеличивается пористость пород, и массивы дезинтегрированных гранитов, протрузивно прорывающих или деформирующих осадочный чехол, могут рассматриваться как потенциальные ловушки УВ [6]. Важным пунктом является то, что квазипластические деформации в меньшей степени, чем хрупкие разрушают покрывки вышележащего осадочного разреза.

Аналогичные по сути явления квазипластических деформаций известны в различных геологических ситуациях и рассматриваются теоретической физикой в рамках механики гранулированных сред [9]. Ее положения могут найти применение для объяснения возникновения реидных структур различного масштаба, теоретически объединяя деформации как в нелифитифицированных осадках, так в тектонически дезинтегрированных комплексах фундамента. В качестве важнейшего фактора увеличения деформационной подвижности (уменьшения эффективной вязкости) гранулированных сред указывается флюидонасыщенность, изменяющая «пластичность» материала в несколько раз. В геологической среде роль флюида, обеспечивающего «смазку» на границах недеформируемых фрагментов, вероятно, могут играть не только природные жидкости, но и сами процессы перекристаллизации, минерального замещения в результате метасоматического, гидротермального или иных процессов.

Таким образом, в свете изложенных данных, можно заключить, что во многих геологических ситуациях насыщение пород водой, рассолами, различными УВ и т.п., а также само наличие флюидных потоков может быть действенным фактором изменения реологии пород, формирования или разрушения ловушек УВ вне связи с региональным тектогенезом.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ № 10-05-00852 и Программы ОНЗ №10.

Литература

1. Балувев А.С., Моралев В.М., Пржиялговский Е.С., Терехов Е.Н., Сукач В.С. О вероятном эндогенном происхождении конгломератоподобных пород юго-восточного побережья Белого моря // Литология и полезные ископаемые. 2003. № 4. С. 412-424.
2. Голубева И.И., Махлаев Л.В. Конгломераты и магматогенные псевдоконгломераты. Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 2005. 184 с.
3. Короновский Н.В., Демина Л.И. Модель коллизионного вулканизма Кавказского сегмента Альпийского пояса // Докл. АН. 1996. Т. 350, №4. С. 519-522.
4. Леонов М.Г., Эпштейн О.Г. Бородулинские гляциодислокации (Русская плита) и их значение для познания механизмов структурообразования // Геотектоника. 2002. № 3. С. 22-39.
5. Леонов М.Г., Морозов Ю.А., Никитин А.В. Постумная тектоника и механизм эксгумации гранитных массивов (на примере Прибайкалья и Тянь-Шаня) // Геотектоника. 2008. № 2. С. 3-31.
6. Леонов М.Г. «Холодная» тектоника гранитных массивов в связи с их потенциальной нефтегазонасыщенностью // Фундамент, структуры обрамления Западно-Сибирского мезозойско-кайнозойского осадочного бассейна, их геодинамическая эволюция и проблемы нефтегазонасыщенности. М-лы Всероссийской научной конф. Тюмень – Новосибирск. 2008. С. 141-143.
7. Паталаха Е.И. Тектонофациальный анализ складчатых сооружений фанерозоя. М.: Недра, 1985. 168 с.
8. Пржиялговский Е.С., Лаврушина Е.В., Никитин А.В. Структуры квазипластических деформаций в гранитоидах Дзурамтайского массива (Гоби, Южная Монголия) // Тектоника и геодинамика складчатых поясов и платформ фанерозоя. Материалы XLIII Тектонического совещания. Т. II. М.: ГЕОС, 2010. С. 169-173.

9. Реофизика конгломератных материалов / Под ред. З.П. Шульмана. Минск: Наука и техника, 1978. 240 с.

10. Przhijalovsky E. & Terekhov E. Karasjok-Belomorian parautochthon (2.2–1.9 Ga) and some aspects of structural and geochemical reworking of rock complexes. *Nor. geol. unders. Special Publ. 7* (Geology of the Eastern Finnmark – Western Kola peninsula region). Trondheim, 1995. P. 193-200.

ВЗРЫВНАЯ ФЛЮИДНАЯ АКТИВНОСТЬ ЗЕМЛИ И МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВЫЕ РЕСУРСЫ, БИОСФЕРНЫЕ КРИЗИСЫ, ГЛОБАЛЬНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

А.П. Пронин, И.Ф. Вольфсон

115191, Медико-геологическая секция Российского геологического общества
г.Москва, ул.2-ая Рощинская, д. 10; rosgeo@yandex.ru, geo@rosgeo.org

THE EARTH'S EXPLOSIVE FLUID ACTIVITY AND MINERAL RESOURCES, BIOSPHERE CRISIS, GLOBAL SAFETY

A.P. Pronin, I.F. Volfson

Medical Geology Division of Russian Geological Society
115191 Moscow, st. 2-d Roshchenskaya, 10; rosgeo@yandex.ru, geo@rosgeo.org

Mineral deposits are manifestations of intensive chemical accumulations due to explosive fluid transformations. Explosions of deep fluids had generated biosphere crisis, catastrophic volcanic eruptions, earthquakes, and tsunamis. Their influence on the environment, climate, and global safety is essential.

Флюидная активность Земли (ФАЗ) – главный фактор формирования месторождений полезных ископаемых в геологической истории и геологических структурах (Пронин, 1985, 1996). Наиболее грандиозные флюидные взрывы происходили с конца архея, когда возникли кратоны, а земное ядро было обогащено газами. Необычайно высокий энергетический уровень взрывов был обусловлен их непосредственной связью с процессами в жидком земном ядре (Маракушев и др., 1993; Маракушев, 1999). Флюидными переносчиками колоссальной энергии из ядра в тектоносферу Земли служат свойственные ему тяжелые углеводороды (Карпов и др., 1998) и высокобарические соединения системы H_2-CH_4 (Somayrulu et al., 1996). Каскадные взрывные трансформации и фазовые разделения восходящих флюидных потоков приводили к интенсивной сепарации рудного вещества, вплоть до появления платиноносных сульфидных расплавов. В трубах длительной дегазации на кратонах сформировались уникальные рудные объекты, в которых обнаружены огромные объемы брекчий со сферулами и другими продуктами воздействия сверхмощных ударных волн (Бушвелд, Садбери, Хаммерсли). В палеозое вследствие кратонизации литосферы приуроченность взрывов к трубам длительной ФАЗ выражена отчетливо. Для таких труб характерны многостадийность формирования, разнообразие состава и телескопированность оруденения, приуроченность к периферии гранитоидных многофазных интрузий па-

леозойского возраста. Крупные и богатые месторождения цветных, редких и благородных металлов, алмазов, урана, составляющие основу минерально-сырьевых ресурсов многих стран, локализованы в палеозойских трубах взрывной дегазации. Мезозой-кайнозойские трубки взрыва с богатыми рудами, как правило, находятся в областях новейшего вулканизма и газотермальной активности. Молодые алмазоносные трубки взрыва с зювитами, тагамитами редки и локальны. На территории России они известны на щитах и платформах (Взрывные..., 1985). В конце мелового периода в связи с глобальным поступлением глубинных углеводородов сформировалось около 50 % мировых запасов нефти и газа (Larson, 1991). На активное участие углеводородов в докембрийском и палеозойском эндогенном минералообразовании указывают крупные скопления графита, шунгита на месторождениях Бушвелд, Хаммерсли, Стиллуотер. На месторождении Садбери обнаружены фуллерены.

Со взрывной ФАЗ связаны биосферные кризисы «импульсного» типа (Пронин, Башорин, 2002), которые происходили синхронно с минерагеническими циклами и эпохами. Кембрийский «биотический взрыв», характеризующийся появлением основных видов существующей сегодня фауны и внезапным увеличением биоразнообразия (Franck et al., 2004; Баренбаум, Литвинова, 2006), связан с глобальным привносом в гидросферу С, Са, Si, P, V и других биоактивных элементов в результате взрывной дегазации Земли в начале каледонского геодинамического цикла. Бурному развитию биосферы способствовало также снижение температуры Мирового океана до приемлемой для жизни. Одна из самых крупных биосферных катастроф имела место в конце палеозоя синхронно с излиянием сибирских траппов (Stanley, Yang, 1994; Wignall, Twitchett, 1996). Вследствие залпового поступления глубинных восстановленных газов исчез свободный кислород в Мировом океане и вымерло до 80–90 % видов морской фауны, более половины видов наземных животных. Меньшие по масштабам биосферные кризисы произошли 200 млн. лет назад (образование срединно-океанических рифтов и взрывная дегазация Земли), в конце мелового периода (излияние траппов Декана, исчезновение фораминифер и потепление климата). Биосферные перестройки в кайнозой более локальны и связаны главным образом с трубами высокоэнергетической взрывной дегазации. Установлено (Kerr, 1997), что массовое вымирание морской фауны имело место позднее флюидных взрывов в структурах Чесапик (США) и Чиксгулуб (Мексика).

Современная ФАЗ – один из наиболее мощных и постоянно действующих природных процессов глобального комплексного воздействия на окружающую среду (Пронин, Голева, 2009). При флюидных взрывах происходит скачкообразное усиление такого синергетического воздействия на жизнеобеспечивающие природные среды, население, техногенные объекты. Поражающие факторы – ударные волны, залповые выбросы токсичных газов и аэрозолей, физические и ионные потоки Земли. Дальнодействие взрывов обусловлено их колоссальной энергией, распространением ударных волн в гидросфере и атмосфере, по активным разломам и флюидоносным слоям мантии, литосферы. Результаты изучения хондритов (Connolly, Love, 1998) позволяют предполагать интенсивное нагревание твердых аэрозолей при воздействии мощных ударных волн. Феномен «палящих туч» при извержениях вулканов, вероятно, связан с каскадными разрушениями газовых пузырьков в очагах разгрузки глубинных флюидов. При этом происходит кратковременное испускание световых и акустических волн, характери-

стики которых указывают на температуру газов до 1000000 °С и возможность термоядерных реакций (Crum, Matula, 1997; Moss et al., 1997). Признаки последних выявлены на месторождениях Садбери, Бушвелд. Разрушение озонового слоя Земли восходящими флюидными потоками (Сывороткин, 1994, 1998, 2002) резко усиливается в периоды вулканических взрывов (вулкан Пинатубо в 1991 году). Катастрофические извержения вулканов (Санторин, Тамбора, Кракатау) приводили к массовой гибели людей, гигантским разрушениям, возникновению очагов эпидемий и эпизоотий. Существенно, что наиболее мощные флюидные взрывы имеют непосредственную связь с нижнемантийными суперплюмами и плюмами. На территорию России оказывают воздействие Гималай – Тибет – Тяньшаньский, Центрально-Азиатский, Арктический и Африканский суперплюмы, с которыми связаны пояса и области новейшего вулканизма (Лавёров и др., 2006), активные рифты (Ярмолюк и др., 2004; Ершов, Никишин, 2004). Признаками активности Центрально-Русского нижнемантийного плюма (Пронин и др., 2008) являются неотектонические сводовые поднятия, кайнозойская гидротермальная минерализация, взрывные выбросы и воспламенения газов, повышенная сейсмичность, аномалии платиноидов, рения в очагах флюидной разгрузки. Взрывы глубинных флюидов – главная причина катастрофических землетрясений (Шаров, 1992; Pronin, Bashorin, 1998), в том числе Суматра – Андаманского в 2004 году (Пронин, 2005). Экологические, социальные и экономические последствия таких землетрясений огромны (Никонов, 1999). Особую опасность флюидные взрывы представляют для мегаполисов, авиатранспорта, судоходства и техногенных объектов, находящихся в приземной атмосфере, на море, островах и побережьях. Существенная роль современной ФАЗ в изменении климата заключается не только в воздействии на состояние жидкого земного ядра и соответственно геомагнитного поля (Пронин и др., 2000), но и на процессы, массопотоки в атмосфере, гидросфере. Опасная тенденция уменьшения свободного кислорода в гидросфере, атмосфере (Пронин, Башорин, 2002) обусловлена залповыми выбросами глубинных восстановленных газов. Флюидные взрывы на кратонах специфичны ввиду высокой степени деплетированности под ними мантии, значительной глубины залегания подкратонного астеносферного слоя. Эти особенности определили локализацию здесь крупных месторождений меди, никеля, платиноидов в ультраосновных интрузиях, а также алмазов в кимберлитовых и лампроитовых трубках взрыва. Флюидные потоки кратонов имеют очень высокие Р-Т – параметры, своеобразный состав и плазмодный характер. Появляется всё больше данных о том, что Тунгусский (1908 г.), Чернобыльский (1986 г.), Сасовский (1991 г.) взрывы представляют собой разномасштабные проявления взрывных трансформаций таких сверхглубинных флюидов. Подготовка высокоэнергетических флюидных взрывов происходит в течение длительного времени в огромных объемах геосфер с формированием в приземной атмосфере обширных плазменных, электромагнитных и других сейсмоионосферных аномалий, инфракрасного излучения. Во флюидоподводящих каналах в результате интенсивного взаимодействия химических и физических полей образуются канализированные потоки ионов, протонов, нейтронов, электронов, достигающие земной поверхности. Быстрый подъём и дегазация флюидонасыщенных магматических диапиров приводят к скачкообразному возрастанию вязкости магм, появлению силикатных стекол и взрывному прорыву крышки (Dingwell, 1996). Взрывная ФАЗ начинается в корневых частях флюидоподводящих каналов высокоэнергетическими

трансформациями флюидов и глубокофокусными землетрясениями, за которыми следуют серии сближенных во времени и пространстве близповерхностных сейсмических ударов. Для выявления места флюидных взрывов особое значение имеет наличие на месторождениях современной ФАЗ, унаследованной от рудообразующих процессов (Пронин, 1985, 1991, 1998; Pronin et al., 1995). В последние годы она установлена в угленосных бассейнах и газо-нефтяных провинциях (Пронин, 1997; Пронин, Вольфсон, 2005; Farrakhov et al., 2008). Проявления такой активности включают высокоэнергетические взрывы и сейсмическое дрожание, выбросы и воспламенения газов, горные удары, затопления и обвалы горных выработок, формирование химически агрессивных газ-гидрогеохимических полей. Длительное сейсмическое дрожание, обусловленное низкоэнергетическими трансформациями флюидов, приводит к усталости зданий и сооружений, что в условиях уязвимой инфраструктуры мегаполисов, разжижения несущих грунтов и химической агрессивности восходящих флюидных потоков может привести к возникновению чрезвычайных ситуаций. При прогнозировании времени и интенсивности взрывов глубинных флюидов необходимо учитывать циклический, пульсационный характер ФАЗ и её затухание во времени в связи с остыванием жидкого земного ядра. Актуальна разработка методологии и технологии комплексного изучения и прогнозирования взрывной ФАЗ на территории России.

ДЕГАЗАЦИЯ НЕДР И МЕДИКО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОБСТАНОВКИ РЕСПУБЛИКИ ЛИТВЫ

А.П. Пронин, И.Ф. Вольфсон, А.В. Одерова

Медико-геологическая секция Российского геологического общества
115191 г. Москва, ул. 2-ая Рошинская, д. 10; rosgeo@yandex.ru, geo@rosgeo.org

THE EFFECT OF EARTH DEGASSING ON MEDICAL AND GEOLOGICAL SITUATION IN LITHUANIA

A. Pronin, I. Volfson, A. Oderova

Medical Geology Division of Russian Geological Society
115191 Moscow, st. 2-d Roshchenskaya, 10; rosgeo@yandex.ru, geo@rosgeo.org

Medical and geological studies of the territory of Lithuania with use of GIS-technologies were carried out. Biogeochemical areas unfavorable in fluorine, boron, lithium, strontium as well as in other toxic elements and chemical compounds were substantiated on the basis of analyses of the spatiotemporal coordinates related to deposits of hydrocarbons, mineralized waters and helium halos.

Систематические исследования по проблемам охраны окружающей среды, изучения глубинного строения геологических объектов, проводившиеся в бывшем СССР, выявили пространственно-временную связь аномалий гелия в подземных водах с зонами активных глубинных разломов. Эта закономерность зафиксирована в реестре научных открытий СССР под № 68 от 29 июля 1969 г.

В последующие годы исследования поведения гелия в гидросфере проводились широким фронтом. Водно-гелиевой съемкой покрыта территория Восточно-Европейской платформы, включая республики Советской Прибалтики. Установлено, что гелий – наиболее надежный и чувствительный индикатор современной флюидной активности Земли, которая оказывает постоянное комплексное воздействие на среду обитания, население и техногенные объекты (Пронин, 1997; Pronin et al., 1998; Пронин, Башорин, 2002; Пронин, Вольфсон, 2005). Результаты выполненных гелий-гидрогеохимических съемок и мониторинговых наблюдений, учет данных медицинских и эпидемиологических исследований в существенной степени помогают выяснить причины эндемических заболеваний, обусловленных геологическими факторами. Данное обстоятельство приобретает особый смысл сегодня в связи с возможностью создания компьютерных баз данных гелиевых и гелий-гидрогеохимических съемок прошлых лет и их переработки с применением современных ГИС-технологий. Это открывает новые перспективы и позволяет повысить эффективность управленческих решений по экономическому и социальному развитию территорий.

Предпринимаемые в настоящее время Правительством Республики Литвы действия по наведению порядка в экологическом законодательстве, научные и практические мероприятия по оценке состояния окружающей среды привели к выявлению районов с повышенным риском заболеваемости населения. К ним относятся Юбаркасский район, характеризующийся высокой газонасыщенностью почво-грунтов (Bitinas, Satkunas et al., 2006); а также территории, прилегающие к городам Клайпеда, Шауляй и Паневежис, где установлены высокие концентрации фтора, бора, стронция и лития в подземных водах (Klimas, 2008). Выяснилось, что в западной части Республики распространен флюороз и ряд других заболеваний, имеется риск возникновения катастрофических природных явлений, несущих угрозу здоровью и жизни людей. Наличие флюороза подтверждают местные стоматологи, которые призывают население отказываться от использования зубной пасты, содержащей фтор. Известно также, что бор может оказывать пагубное воздействие на желудочно-кишечный тракт, стронций тропен костной системе человека, а литий вызывает нарушения нервно-психической сферы человека. Проблемы со здоровьем населения наблюдаются и в других районах Республики (Sliaura et al., 2006).

Территория Литвы находится на северо-западной периферии Восточно-Европейской платформы, вблизи её сопряжения с Балтийским кристаллическим щитом и Западно-Европейской платформой. В регионе прослеживаются субширотный Куршско-Красноуфимский, субмеридиональные Мессино-Поморский и Варненско-Нарвский, северо-восточный Вайгач-Балеарский и север-северо-западный Казбек-Куршский трансрегиональные разломы. Флюидная активность в зонах разломов выражена гелий-гидрогеохимическими аномалиями, повышенным тепловым потоком, проявлениями полезных ископаемых и термокарста, трубками взрыва, эпицентрами исторических землетрясений.

Преобладающая часть территории Республики расположена на юге Прибалтийского докембрийского нуклеара, западная и северная границы которого проходят по восточному и южному побережьям Балтийского моря и Финского залива, где выявлены контрастные водно-гелиевые аномалии. Южная и восточная периферии нуклеара сильно обводнены и трассируются цепочками мелких озер, Псковским и Чудским озерами, водотоками. Кроме аномалий гелия в зоне огра-

ничающего нуклеар кольцевого разлома выявлены трубки взрыва, дислоцированность осадочного чехла, месторождения горючих сланцев, фосфоритов. Жямайская возвышенность является результатом неотектонического сводового воздымания. Западная часть территории находится под воздействием Калининградской кольцевой структуры, представляющей собою молодую трубу глубинной дегазации с месторождениями углеводородов, янтаря. Здесь 21.09.2004 года произошло землетрясение магнитудой 5,1–5,2, предвестником которого было резкое повышение температуры подземных вод.

Авторы, используя результаты гелиевой съемки 1980-х годов Комплексной экспедиции ВИМСА (г. Наро-Фоминск), провели анализ опубликованных результатов медико-экологических исследований территории Литвы. Для большей достоверности исследований применены ГИС-технологии, позволившие увязать распространение полей гелия с активными разломами. На основании полученных данных составлена ситуационная цифровая карта гидрогеохимических ореолов фтора, бора, стронция и других химических элементов в подземных водах, проявлений углеводородного сырья, минерализованных и термальных вод, водно-гелиевых аномалий. Установлено, что ореолы фтора, бора, стронция и лития пространственно совпадают с аномалиями гелия и контролируются теми же зонами глубинных разломов, что и проявления углеводородов. Согласно данным литовских коллег (Klimas, 2008), ореолы указанных элементов наиболее отчетливо проявлены в девонско-пермском водоносном горизонте. Таким образом, подтверждена связь современной флюидной активности Земли с месторождениями гидроминерального сырья и термальных вод, районами с неблагоприятной экологической обстановкой. Высокая заболеваемость туберкулезом и раком на юго-западе, западе Литвы (Sliaupa et al., 2006), вероятно, связана с концентрацией углеводородов и других токсичных газов в приземной атмосфере вследствие дегазации газоносных подземных вод западного фланга Калининградской кольцевой структуры. В зоне активного водообмена восстановленные газы могут окисляться с образованием СО и СО₂. Накопление последних в приземном пространстве неоднократно вызывало гибель людей при прокладке подземных инженерных сооружений и рытье колодцев в Юбаркасском районе Литвы. Намечается связь сердечно-сосудистых заболеваний с кольцевым разломом Прибалтийского нуклеара. В районе Силламяэ (Эстония) в зоне этого разлома в 1990 году имело место отравление людей таллием, сопровождавшееся галлюцинациями. Таллием были обогащены сильно гелиеносные подземные воды.

Результаты геоэкологического картографирования с применением гелий-гидрохимических технологий территории Европейской части России в 1980-1990-х годах показали, что загрязнение природных вод нитратами в основном связано с привнесением глубинными флюидами соединений азота и окислением аммоний-иона в зоне активного водообмена до нитрит- и нитрат-ионов. Вследствие этого природные экосистемы Земли пересыщены азотными соединениями (Moffat, 1998). В последние годы нитраты такого происхождения идентифицированы в США (Bunnell et al., 2006). Поэтому причиной загрязнения нитратами подземных вод на востоке Республики скорее всего является разгрузка в зоне кольцевого разлома аммоний – содержащих флюидных потоков. Землетрясение 2004 года в Калининградской области проявилось на территории Литвы сейсмособытиями магнитудой до 4 и афтершоковым сейсмическим дрожанием. Воздействие сейсмических ударов на психику человека известно как эффект Меркалли. Сей-

смическое дрожание приводит к усталости зданий и сооружений, разжижению грунтов, создает угрозу для здоровья населения. На это указывают медико-экологические обстановки в известных районах сейсмической активности с очагами эндемичных заболеваний, как, например, в Северо-Балканском регионе, в штате Луизиана в США (Bunnell et al., 2006), а также в районе Паудер Ривер Бэззин, штат Вайоминг в США (Bunnell et al., 2003), где зафиксированы случаи балканской эндемической нефропатии, рака мочевого пузыря.

Геологическими факторами воздействия на здоровье населения Литвы являются *токсичные газы, химические элементы и соединения, физические поля, бактериальные сообщества в подземных водах*. При этом прямому воздействию могут подвергаться *психо-эмоциональная сфера, нервная система, органы зрения, респираторная система, кожа, слизистая, пищеварительный тракт, почечная система*, а косвенному воздействию – *эндокринная, сердечно-сосудистая системы*. Прогнозируемые отсроченные последствия включают *ишемическую болезнь сердца, сахарный диабет, гипертонию, заболевания желудочно-кишечного тракта, болезни почек, рак мочевого пузыря, нарушения метаболического цикла, генетические нарушения*.

Опираясь на сказанное выше, авторы считают целесообразным обобщить и проанализировать имеющуюся информацию по современной флюидной активности Земли на территории Республики с привлечением данных по всей Восточно-Европейской платформе и выделением наиболее крупных и опасных очагов близповерхностной флюидной разгрузки, оценкой роли активных глубинных разломов в формировании эпидемиологических обстановок, месторождений полезных ископаемых, в том числе минеральных и лечебных вод. На основе полученных данных для решения поставленных задач рекомендуется разработать проект междисциплинарных исследований с привлечением специалистов разных направлений.

УГЛЕВОДОРОДНЫЕ И МИКРОЭЛЕМЕНТНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАННЕКАТАГЕНЕТИЧЕСКИХ НЕФТЕЙ И КОНДЕНСАТОВ

С.А. Пуанова, Т.Л. Виноградова

Институт проблем нефти и газа Российской академии наук
119333 Москва, ул. Губкина, 3, e-mail: punanova@mail.ru

This study initiates to reveal of geochemical regularities in composition of primary early catagenetic hydrocarbon accumulations. According to contents, values of the ratios hydrocarbon-biomarkers and trace elements, genetic indexes of early catagenetic accumulations are proposed for hydrocarbon systems generated various facies types of organic matter.

Проблема генезиса нефтей и конденсатов, встречающихся на глубинах до 2 км и имеющих повышенную плотность, высокое содержание асфальто-смолистых веществ, часто высокую сернистость, является актуальной и до сих пор одно-значно нерешенной. Эти скопления углеводородов (УВ) представлены двумя генетическими группами: первичными, незрелыми (раннекатагенетическими), сформированными в зонах среднего и позднего протокатагенеза и слабого ме-

зокатагенеза, и вторичными, гипергенноизмененными, образованными на более поздних стадиях мезокатагенеза, а затем мигрировавших на небольшие глубины и претерпевших преобразования в залежах. Выявление критериев, характеризующих геохимические особенности каждой генетической группы УВ флюидов, представляет научную и практически значимую задачу.

Настоящее исследование посвящено анализу и обобщению состава первичных скоплений УВ ранней генерации на примере ряда нефтегазоносных бассейнов (НГБ) с целью выявления их характерных особенностей. В предыдущих работах (Виноградова Т.Л., Пунанова С.А., 2009, 2010) при рассмотрении зональности размещения незрелых скоплений УВ в верхней зоне литогенеза, была показана генетическая связь химических типов нефтей и конденсатов, их фазового состояния с типом исходного органического вещества (ОВ) и его литофациальными особенностями. Именно поэтому все многочисленные примеры незрелых флюидов, используемые нами для этого обобщения, были сгруппированы по литофациальным обстановкам захоронения исходного ОВ – морским (глубоководным и мелководным) и континентальным (озерным и угленосным). На примере месторождений НГБ России, Азербайджана, Белоруссии, Грузии, Западной Туркмении, США, Японии, Западной Канады, Бразилии, Австралии, Гватемалы, Новой Зеландии, Индонезии, Китая и Израиля с использованием многочисленных литературных источников как отечественных так и зарубежных авторов обобщены особенности состава углеводородных систем, сформированных в различных литолого-фациальных обстановках осадконакопления: глубоководно-морских (терригенно-кремнистых и терригенно-карбонатных); мелководно-морских (дельтовых и прибрежно-морских); континентальных озерных (солёноводных, солоноватоводных и пресноводных) и континентальных угленосных (аллювиально-болотных и дельтовых). В число информативных углеводородных показателей, наряду с геологической характеристикой УВ скоплений месторождений различных регионов и физико-химическими свойствами нефтей и конденсатов, входят *n*-алканы, изопреноиды, арены, величина коэффициента нечетности, биомаркеры (стераны, гопаны, моно- и триароматические стераны), соотношение отдельных биомаркерных показателей, а также микроэлементы (МЭ) и металлопорфириновые комплексы (МПК).

В результате проведенных исследований на обширном фактическом материале с использованием многочисленных показателей УВ и МЭ состава нефтяных, генерированных ОВ низкой стадии преобразования, выявлены черты специфических отличий незрелых флюидов, сформированных в различных литофациальных обстановках.

Присутствие моретанов и низкие отношения УВ биомаркеров в исследованных флюидах всех фаций, таких как 20S/20(S+R) – по C₂₉ (менее 55%); 22S/22(S+R) – по Г₃₁ (48-58%); 22S/22(S+R) по М₃₂ (около 35%), свидетельствуют о слабозрелой стадии нефтяной генерации. По сравнению со зрелыми флюидами для незрелых скоплений химических типов А-2, А^а-1, А^б-1 и А^в-1 характерны повышенные значения П/*n*-C₁₇ (до 9,7) и Ф/*n*-C₁₈ (до 5,2).

Для нефтей, генерированных ОВ *морских глубоководных фаций*, отмечены высокие отношения П/Ф (до 1,7), преобладание стеранов С₂₇ (холестанов) и широкий ряд гопанов Г₂₇-Г₃₅. В нефтях терригенно-кремнистых фаций наблюдается мономодальное распределение *n*-алканов в области С₁₅-С₁₉, доминирование пристана над фитаном, трицикланов над тетрацикланами, трисноргопана Т_m над Т_s,

стеранов над гопанами, присутствие олеанана и 28,30-бисноргопана. Нефти терригенно-карбонатных фаций отличаются бимодальным распределением *n*-алканов, преобладанием четных *n*-алканов в области C₂₂-C₂₈, фитана над пристаном, тетрацикланов над трицикланами, трисноргопана Ts над Tm, гопанов над стеранами, присутствием гаммацераана.

В нефтях, генерированных ОВ *морских мелководных и прибрежных фаций*, содержания стеранов C₂₈ и C₂₉ равны, в небольших количествах присутствуют легкие стераны C₂₁-C₂₂, стеран C₃₀ и олеанан. Наблюдается ряд гопанов Г₂₇-Г₃₃.

Нефти *озерных* фаций характеризуются повышенным содержанием трициклических УВ C₂₀-C₂₉, широким присутствием легких стеранов C₂₁-C₂₂, стеранов C₃₀, диностеранов и гаммацераана. Отличительным свойством нефтей солёноводных фаций является преобладание четных *n*-алканов над нечетными, фитана над пристаном, избыток алициклических изопреноидов, расширенный ряд гопанов Г₂₇-Г₃₅.

Конденсаты и нефти *континентальных фаций* отличаются высокими концентрациями пристана. Отношение П/Ф достигает 13,8. В нефтях Западной Канады установлено широкое присутствие биснорлупанов и олеанана, а в нефтях Западной Сибири – 25,30 бисноргопана, 25,28,30 трисноргопана и 25 норгопанов. Характерной особенностью нефтей и конденсатов нефтяного типа Западной Сибири является наличие их нескольких разновидностей, различающихся по преобладанию в их составе трицикланов, бицикланов и моноцикланов.

Нефти *морского* генезиса, генерированные ОВ сапропелевого, смешанного гумусового-сапропелевого типа при слабо восстановительных или даже окислительных условиях, отличаются низкими значениями содержаний МЭ, МПК и преобладанием Ni над V ($V/Ni < 1$). Но уже при увеличении стадий катагенеза до слабomezокатагенетической нефти *морского* генезиса с сапропелевым типом исходного ОВ, отлагавшемся в восстановительных условиях диагенеза, как правило, характеризуются высокими концентрациями МЭ. Особенно показательны для этих нефтей высокие концентрации V и Ni, причем содержание V превалирует над содержанием Ni (отношение $V/Ni > 1$). Высокие концентрации характерны и для порфириновых пигментов; содержание ванадилпорфиринов (Vp) может превышать в нефтях 100 г/т, а в битумоидах достигать величин 1,5–6 %. Содержание Vp выше содержания Nip ($Vp/Nip > 1$). Эти нефти, генерированные нефтематеринскими толщами типа доманикоидов (свита Монтерей в Калифорнии), классифицируются как "ванадиевые", образуя металлогенические провинции ванадиевого типа с промышленно высоким содержанием ряда металлов.

Содержание МЭ и МПК в нефтях *континентального* генезиса существенно ниже, и они образуют класс нефтей, обедненных МЭ и МПК. Особенно низки в этих нефтях концентрации тех МЭ, которые ассоциированы с тяжелыми асфальтово-смолистыми веществами. Первые места в концентрационном распределении элементов в этих нефтях занимают элементы, связанные с легкими, масляными компонентами. Это Fe, Cu, Pb, Zn, Br и др. Содержание никеля в нефтях, как правило, выше содержания ванадия ($V/Ni < 1$); аналогичное отношение характерно и для МПК ($Vp/Nip < 1$). По преобладанию Ni над V эти нефти объединены в группу никелевых.

Нефти, связанные с *озерным типом* ОВ, также характеризуются низкими концентрациями МЭ. Содержание суммы двух металлов – до V и Ni не превышает 10 г/т, а отношение $V/Ni < 1$. Эти нефти могут отличаться повышенными содержаниями Fe, и тогда отношение $V/Fe < 1$.

Таким образом, при переходе от флюидов морского генезиса к континентальному возрастают величины отношения П/Ф (как минимальные величины, так и особенно максимальные), уменьшаются содержания V, Ni и их отношение ($V/Ni < 1$).

По содержанию МЭ нефти ранней генерации образуют самостоятельную группу флюидов никелевой металлогении с относительно низкими концентрациями элементов, ассоциированными со смолисто-асфальтовыми веществами, особенно V. Однако незрелые нефти могут содержать в высоких концентрациях элементы, связанные с более легкими фракциями нефтей – масляными. Например, молодые нефти Калифорнии содержат следующие элементы в более высоких концентрациях, нежели в более зрелых флюидах (в г/т): Ca (87), Fe (80), Co (2,3), Se (0,63), Mn (0,6) и Ga (0,36). По приведенной МЭ характеристике нефти ранней генерации существенно отличаются от сходных по физико-химическим свойствам, но более преобразованных нефтей других регионов. Для сравнения можно отметить, что тяжелые нефти некоторых месторождений Волго-Уральской области содержат V до 500 г/т, а Ni до 190 г/т, Тимано-Печорского региона V до 240 г/т, а Ni до 170 г/т.

Таким образом, при анализе и систематизации геолого-геохимических данных по раннекатагенетическим нефтям и конденсатам месторождений многих НГБ Мира выявлена взаимосвязь распределения в них широкого спектра УВ-биомаркеров и МЭ с литофациальными особенностями исходного ОВ. Разнообразие фациальных обстановок, характеризующих захоронение и преобразование исходного ОВ, отражается в особенностях геохимии нефтей, что является еще одним важным доказательством органического происхождения нефти. Установленные УВ и МЭ показатели рекомендуется использовать при геохимической корреляции нефтей и ОВ для выявления генетических связей нефтей с продуцирующими толщами в разрезе осадочных отложений, что способствует более эффективной оценке перспектив нефтегазоносности верхних горизонтов осадочного разреза, а также при прогнозе физико-химических свойств, УВ и МЭ состава флюидов и их фазового состояния.

О РОЛИ МИНЕРАЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ В ГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ ПРЕДБИОЛОГИЧЕСКОЙ ЭВОЛЮЦИИ СОЕДИНЕНИЙ УГЛЕРОДА

М.Е. Раменская

Географический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова,
119899 Москва, Ленинские горы, 1

На первом Международном симпозиуме «Возникновение жизни на Земле» в 1957 г. П.Н. Кропоткин развил идею о том, что источником для формирования первых примитивных форм жизни на Земле были те углеводороды, которые поднимались с глубинными флюидами в процессе дегазации её недр [1]. Спустя 7 лет эта идея была конкретизирована В.Н. Флоровской. Согласно её представлениям, основанным на результатах диагностики соединений углерода в продуктах эндогенных процессов, углеродистые соединения усложнились и сконцентриро-

вались в гидротермальном растворе; и в результате выхода его на поверхность, по всей вероятности – на суше – возникли первые живые системы [2].

Формирование соединений углерода в гидротермальных условиях предполагает тесный контакт их с минеральными поверхностями. Этот контакт обуславливает наличие воздействий как молекул на минералы, так и минералов на молекулы.

Предположение о роли минеральных поверхностей в предбиологической эволюции вещества возникло ещё в рамках представлений Опарина – Холдейна, согласно которым предбиологические соединения возникали в атмосфере, а дальнейшая их эволюция шла в океане. Пытаясь решить самую трудную проблему – каким образом могут объединяться молекулы, попавшие в океан из атмосферы и находящиеся там в крайне разбавленном состоянии, английский кристаллограф Джон Бернал [3] предположил, что процесс сближения молекул и их объединения шел на минеральных матрицах в отделенных от океана мелких лагунах, где концентрация молекул-мономеров повышалась и за счет испарения. Роль матриц должны были играть наиболее вероятные для лагун минералы – глинистые листовые силикаты и гидроокислы железа. Обращаясь к глубинным гидротермам как месте предбиологической эволюции вещества, мы обязаны включить в круг минералов, воздействующих на молекулы, как минералы горных пород, через которые просачивается раствор, так и минералы, выпадающие из него в осадок.

Для выявления возможных взаимодействий между минеральными поверхностями и молекулами соединений углерода нами разработан метод сопряженного структурно-геометрического анализа минеральных поверхностей и углеродистых молекул. Он включает анализ кристаллических поверхностей с расчётом меж-атомных расстояний на них и сравнение этих расстояний с расстояниями между конкретными атомами внутри молекулы. Например, сравниваются расстояния между атомами углерода в карбоксильной группе молекулы и атомами углерода в ионе CO_3^{2-} в минерале; расстояния между атомами азота в аминогруппе молекулы и ионами металла в минерале [4].

Проведённые на примере кальцита расчёты показали, что при росте минеральных кристаллов из раствора захватываются все аминокислоты, закрепляющиеся на поверхности минерала в двух точках, и лишь α -формы, способные закрепиться только в одной точке, остаются в растворе. Именно α -аминокислоты и входят в состав белков.

В белках, представляющих собой неперiodические цепочки, пептидные связи между аминокислотами образуют цепочку периодическую. На основании сравнения расстояний на поверхности кристалла с расстояниями в молекулах между амино- и карбоксильной группой в пептидной связи было установлено, что пептидные связи на гранях кальцита могли формироваться вдоль его плотнейших структурных рядов. Как пептидные, так и 3'-5'-связи, существующие в нуклеиновых кислотах (нк), и тоже образующие периодические цепочки, могут формироваться на апатите. В момент образования связей апатит растворяется, группы PO_4^{3-} входят в состав формирующейся нуклеиновой кислоты [4, 5]. На поверхности кристаллов апатита удалось подобрать такие линии (цепочки атомов), вдоль которых не только одновременно могут образоваться цепочки из связей обоих типов, но и на одну пептидную связь придётся три 3'-5'-связи нуклеиновых кислот, как это имеет место в генетическом коде [5]. Но апатит в продуктах гидротермального процесса редок, а в большинстве изверженных пород является аксессуарным, т.е., его имеется не более 5 %. Трудно судить, достаточно ли описанных процессов

таких его количеств. Среди изверженных пород на ранней Земле могли бы находиться щелочные породы или карбонатиты, с которыми бывают связаны месторождения апатита, но среди пород раннего архея они пока не обнаружены.

Последнее время высказываются сомнения относительно роли минеральных поверхностей в формировании предбиологических соединений, основанное, в частности на том, что минерал «относительно стабильная, а, значит, химически пассивная форма соединений» [6]. Довод представляется ошибочным. Минералы не стабильны в моменты роста и разрушения; они активны даже вне этих моментов, если играют роль гетерогенных катализаторов. Они особенно активны в зонах тектонических нарушений, где вскрытые дроблением минеральные поверхности ещё не защищены элементами среды, которые в других случаях компенсируют на поверхностях химические связи.

Во времена Ч. Дарвина считалось, что всё живое произошло в результате эволюции из какого-то одного организма. После работ Г. Менделя много лет изучали потомков одной родительской пары. Ныне по В.И. Вернадскому считается, что в процессе эволюции Земли биосфера зародилась как целое. Родилась популяционная генетика, изучающая эволюцию большой совокупности особей в качестве единого процесса. Такие отдалённые друг от друга микроорганизмы, как археобактерии, зубактерии и цианобионты, существующие с зари жизни поныне, считают зародившимися независимо друг от друга [7]. Наконец, эукариотическую клетку рассматривают как продукт слияния различно построенных прокариотических клеток, давших начало ядру, митохондриям, хлоропластам. По-видимому, слияние возникших независимо и существовавших одновременно разнородных структур и процессов – один из путей ранней биологической эволюции. Тем более, не следует возникновение современной единой в биохимическом отношении жизни связывать только с одной геохимической системой. Предбиологическая эволюция, по-видимому, проходила в различных постмагматических геохимических системах и жизнь зародилась в результате слияния качественно различных предбиологических систем, возникших в разных геохимических условиях.

Литература

1. *Кропоткин П.Н.* Геологические условия возникновения жизни на Земле и проблема происхождения нефти. // «Возникновение жизни на Земле». М.: Изд-во АН СССР, 1959. С. 88–98.
2. *Флоровская В.Н.* Геохимические основы становления жизни. // Вестник МГУ, сер. Геология. 1964. № 2. С. 3–12.
3. *Bernal J.D.* On Physical Basis of Life. London: Rout Lege & Kegan Paul, 1951. 17 p.
4. *Раменская М.Е.* Взаимодействие кристаллов со средой: структурно-геометрический анализ. М.: Изд-во МГУ, 2008. 237 с.
5. *Раменская М.Е.* Структурно-геометрический анализ минералов как предбиологических матриц Минералогия и жизнь. Материалы к межгосударственному минералогическому семинару. Сыктывкар, 1993. С. 16–18.
6. *Федонкин М.А.* Роль водорода и металлов в становлении и эволюции метаболических систем // Проблемы зарождения и эволюции биосферы. / Под ред. Э.М. Галимова. М.: Книжный дом ЛИБРОКОМ, 2008. С. 417–438.
7. *Рич П.В., Рич Т.Х., Фолтон М.А.* Каменная книга / Пер. с англ. с доп. и изменениями. М.: МАИК «Наука», 1997. 623 с.

О РОЛИ ГРАВИТАЦИОННЫХ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В КОРЕ И МАНТИИ (в связи с идеями П.Н. Кропоткина о механизмах генерации напряжений)

Ю.Л. Ребецкий

Институт физики Земли РАН, Москва

I this paper was proposed to take account a residual stresses of gravity stress state, when a mantle convection are calculated. Basis of this idea is geophysical data about Poisson coefficient value in mantle and results of our analysis before about horizontal stress compression regime for uplifting area in the crust.

Петр Николаевич Кропоткин, анализируя характерные особенности тектоники различных участков земной коры одним из первых пришел к заключению о повсеместном присутствии в земной коре континентов горизонтально ориентированного девиаторного напряжения максимального сжатия (режим горизонтального сжатия). П.Н. Кропоткин предложил механизм мантийной конвекции с привлечением чередования фаз сжатия (контракции) и расширения Земли [Кропоткин, 1996]. Следует отметить, что в годы, когда формировались основные взгляды П.Н. Кропоткина, было достаточно мало реальных данных о природных напряжениях. Только в начале семидесятых годов прошлого века начали появляться *in situ* данные о напряжениях в горных выработках, а данные о напряжениях вблизи границ плит вообще отсутствовали. Сейчас мы имеем существенно больше информации о напряженном состоянии в недрах коры [Ребецкий, 2007] и мантии [Mercier, 1980]. Именно эта новая информация позволяет вернуться к той проблеме, на которую обращал внимание П.Н. Кропоткин, и по новому взглянуть на механизм генерации девиаторных напряжений в земной коре и мантии.

В работах [Гудман, 1987; Ребецкий, 2008] было показано, что механизм формирования в коре напряженного состояния горизонтального сжатия предопределен тремя факторами: 1) упругими свойствами консолидированных горных пород, для которых коэффициент Пуассона (коэффициент поперечного расширения при действии осевой нагрузки) находится в диапазоне значений 0.2–0.35; 2) механизмами локального вертикального перемещения горных массивов, создающим рельеф поверхности; 3) действующими на земной поверхности механизмами денудации и эрозии активноформирующегося рельефа. Указанные значения коэффициента Пуассона, существенно отличные от 0.5 – несжимаемые жидкости, фактически и определяют то, что достаточно большая часть напряжений горизонтального сжатия в породах коры связана с необратимыми деформациями, вызываемыми гравитационным уплотнением. Если бы породы коры обладали значениями этого коэффициента близкими к 0.5, то выравнивание сжимающих напряжений в вертикальном и горизонтальном направлениях могла быть обеспечена только за счет упругих деформаций. Дополнительные сжимающие напряжений в реальных горных породах, возникающие в процессе гравитационного уплотнения за пределом упругости, фиксируются пластическими деформациями (условия бокового стеснения) и не снимаются при разгрузке. Эти напряжения можно именовать остаточными. В сочетании с механизмом подъема пород с глубины к поверхности и денудацией возникающего рельефа остаточные напряже-

ния, возникшие в процессе такого уплотнения, и приводят к возможности формирования напряженного состояния горизонтального сжатия.

В своих предыдущих работах, я обращал внимание на влияние подобных остаточных напряжений на напряженное состояние земной коры. Однако проведенный мною анализ показывает, что эти напряжения могут принципиально влиять на характер конвекционного процесса в мантии. Наша оценка влияния упругой сжимаемости пород показывает, что при решении задачи конвекции необходимо учитывать начальное напряженное состояние, сформировавшееся в процессе упруго-пластического уплотнения мантийных пород по действием массовых сил, величина которого определяется значением коэффициента Пуассона. В мантии его значения, получаемые из сейсмологических данных, близки к 0.25. Начальное гравитационное напряженное состояние в мантии, содержит компоненты напряжений, вызванные не только упругим деформированием, но и пластическим течением, которое обеспечивает упругое уплотнение горных пород, за счет увеличения напряжений горизонтального сжатия. В условиях бокового стеснения эти дополнительные – остаточные напряжения должны релаксировать, создавая определенный вклад в процесс конвекции и приводя к появлению дополнительных девиаторных напряжений по отношению к тем напряжениям, которые получаются в численных расчетах конвекции в предположении упругой несжимаемости мантийных пород. Помимо этого запасенная в остаточном напряженном состоянии энергия упругих деформаций в процессе релаксации остаточных напряжений переходит в тепло, что также способно создать вполне весомый вклад в конвективный тепловой процесс.

Известны оценки энергии напряженного состояния, обусловленного гравитационными силами, – $2.5 \cdot 10^{32}$ Дж. Эта величина на три порядка превышает кинетическую энергию планеты и на четыре порядка энергию тепловой конвекции. Наши оценки показывают, что остаточные горизонтальные напряжения гравитационного напряженного состояния ($2/3$ от литостатического давления при $\nu=0.25$) определяют около половины от полной энергии, заключенной в упругих деформациях. В результате вертикальных перемещения в процессе конвекции эта энергия будет релаксировать, создавая дополнительные (относительно конвекционных для идеально вязкой жидкости) пластические деформации и *переходя в конечном итоге в тепловую*. Сопоставляя энергию остаточных напряжений единичного объема, выделившуюся при его подъеме от ядра до верхней границе мантии, и работу, пошедшую на вертикальный перенос этого объема в результате тепловой конвекции, получим соответственно $8 \cdot 10^9$ Дж и $3 \cdot 10^9$ Дж. *Энергия, заключенная в остаточном напряженном состоянии, почти вдвое выше энергии, расходуемой на вертикальный подъем единичного объема.*

Таким образом, наш анализ показал, что во всех существующих на сегодняшний день расчетах задачи о тепловой конвекции в мантии из решения выброшено одно из важнейших по энергетике явление – остаточное напряженное состояние, обусловленное гравитационным упругим уплотнением горных пород. В представляемом докладе в рамках традиционной модели вязкого тела будут дана постановка задачи и следующие из нее разрешающие уравнения, учитывающие существование в породах мантии остаточных напряжений и их влияние на конвективные мантийные движения.

Исследования поддержаны грантами РФФИ 09-05-01213а, 09-05-01022а, 09-05-00687а, 09-05-12064офи_м.

Литература

Гудман Р. Механика скальных пород. М.: Стройиздат, 1987. 232 с.

Кропоткин П.Н. Тектонические напряжения в земной коре // Геотект. 1996. С. 3-16.

Ребецкий Ю.Л. Тектонические напряжения и прочность горных массивов. М.: Изд. Наука, 2007. 406 с.

Ребецкий Ю.Л. Механизм генерации тектонических напряжений в областях больших вертикальных движений землетрясений // Физическая мезомеханика. 2008. Т 1, №^о11. С. 66-73.

Mercier J.-C. Magnitude of the continental lithospheric stress inferred from rheomorphic petrology // J. Gephys. Res. Vol. 85, N B11. P. 6293-6303.

РОЛЬ РЕЦИКЛИНГА ВЕЩЕСТВА ТЕКТОНОСФЕРЫ В ПРОЦЕССАХ НЕФТЕГЕНЕЗА

М.В. Родкин

Международный институт теории прогноза землетрясений и математической геофизики РАН

The concept of existence of hot (ore) and cold (oil) branches of devolatilization of the Earth has been presented earlier by P.N. Kropotkin. From this concept it is possible to expect a certain uniformity of the processes of ore and oil generation. This similarity is supported by new results concerning the distribution laws common for oil and ore deposits and by connection of ore and oil generation processes with the processes of transformation of matter between different geospheres.

В середине прошлого века П.Н. Кропоткиным была выдвинута концепция существования горячей и холодной ветвей дегазации Земли. В рамках этой концепции, предполагается связь процессов эндогенного рудообразования с горячей ветвью дегазации, а нефтегенеза – с холодной ветвью дегазации. Исходя из этой концепции можно ожидать единообразия процессов рудо- и нефтегенеза. В дальнейшем представления о единообразии процессов рудо- и нефтегенеза получили значительное развитие. Хорошо известными общими чертами процессов формирования рудных и УВ месторождений является их пространственная взаимосвязь и значительная обогащенность углеродистого вещества различными рудными компонентами.

В последние годы выявлены некоторые новые общие черты рудных и УВ месторождений. К таким общим чертам относится и общность закона распределения числа рудных и УВ месторождений в зависимости от объема запасов. Для УВ месторождений было надежно установлен степенной закон распределения с показателем степени распределения около единицы [1, 2]. Нами [3], на основании анализа данных ГИС крупных и суперкрупных рудных месторождений было подтверждено, что аналогичный характер распределения справедлив и для рудных месторождений (для видов рудного сырья, для которых удалось провести статистический анализ). Для дальнейшего обсуждения важно однако не только единообразие законов распределения рудных и УВ месторождений, но и то, что соответствие данного эмпирического распределения степенному закону принято трактовать как веское указание на существенно динамический, неравновесный

характер порождающих процессов. А подобные неравновесные процессы предусматривают массированное развитие потоков вещества и энергии, что вполне согласуется с современными трактовками нефтегенеза как процесса, развивающегося на восходящих потоках вещества и энергии [4, 5].

Другой важной общей чертой рудных и УВ месторождений является их связь с массированными процессами преобразования вещества тектоносферы. Анализ данных о характерных величинах запасов рудных месторождений разных видов рудного сырья позволил выявить тесную корреляцию величин запасов с различными концентрациями соответствующих компонент в среднем составе верхней и нижней коры [3]. Причем эта связь оказалась статистически более тесной, нежели ранее установленные связи запасов с кларковыми содержаниями соответствующих элементов в литосфере. Естественной интерпретацией выявленной связи является предположение, что формирование крупных и суперкрупных рудных месторождений связано с процессами трансформации состава пород на границах раздела верхней и нижней коры. Отсюда, в более общей трактовке, представляется возможным трактовать процесс рудообразования как побочный результат вещественных преобразований вещества тектоносферы на границах различных оболочек (однородных по своему составу резервуаров) земной коры и верхней мантии.

Если крупные и суперкрупные рудные месторождения формируются в результате процессов перераспределения больших масс вещества между отличающимися своим химическим составом резервуарами земной коры и верхней мантии, и если имеет место значительное единообразие процессов рудо- и нефтегенеза, то естественно задаться вопросом, какие аналогичные процессы могут быть ответственны за процессы нефтегенеза. Можно ожидать, что ситуации интенсивного нефтегенеза будут отвечать геотектонические обстановки массированного превращения содержащих РОВ осадочных толщ верхней коры в вещество нижней коры, сопровождающиеся отторжением больших масс водных и УВ флюидов. Такой тектонической ситуации отвечают зоны глубинных надвигов, среднекоровых, или более глубинных (в частности, зоны субдукции).

Предположение о связи зон массированного нефтегенеза с зонами надвигов сформулировано выше исходя из общих положений об единообразии процессов рудо- и нефтегенеза и по аналогии с новыми модельными представлениями о процессах рудогенеза. Но такое предположение не ново и высказывалось ранее исходя из геологических данных и термодинамических соображений об аналогии зон нефтегенеза с неравновесным проточным химическим реактором [5, 6].

Геолого-геофизические свидетельства в пользу связи зон массированного нефтегенеза и зон глубинных надвигов разнообразны и довольно убедительны. Приведем некоторые из них.

Физико-геолого-генетическая модель крупного УВ месторождения, полученная в [7] обобщением данных по разным месторождениям, по сути, представляет собой изображение зоны глубинного надвига (хотя авторы [7] не дают такой интерпретации).

В большинстве случаев, когда трассы сейсмических геотраверсов (Батолит, Рифт, Битум) пересекают области крупных месторождений нефти, под этими месторождениями выявлялись наклонные зоны разломов и конфигурация поля сейсмических скоростей, отвечающая зонам надвигов. Отметим, что конфигурация зоны надвига может быть при этом не вполне ясная, так как для четкого ее отображения требуется ориентация трассы геотраверса поперек зоны надвига.

Зона сжатия (сокращения коры, надвига) выявлена по GPS и иным данным по восточному берегу Сахалина. Эта же зона известна как зона массивованного нефтегазогенеза (вполне доказанного для северной части зоны надвига).

Косвенным образом связь процессов нефте- и газогенеза с зонами надвигов подкрепляется расчетами баланса УВ района Азербайджана. Ранее уже было показано [8], что известные приповерхностные газоматеринские породы района грязевого вулканизма Азербайджана не обеспечивают наблюдаемых объемов выброса газа. В недавних работах ([9] и др.) аналогичный вывод был сделан применительно к запасам нефти региона Южного Каспия. Естественным источником недостающих УВ можно полагать погруженные в зоне надвига осадочные породы. Наличие в этом районе глубинного надвига (молодой зоны субдукции) предполагается из тектонических соображений рядом авторов; по комплексу данных сейсмической томографии и по характеру гравитационного поля есть основания полагать падение этой зоны от Апшеронского порога к юго-юго-западу [10]. Аналогичный вывод о необходимости глубинных источников для объяснения наблюдаемых запасов УВ сделан в [11] применительно к УВ ресурсам Татарстана. Отметим, что предположение о связи УВ месторождений Татарстана с зонами глубинных надвигов подкрепляется имеющимися сейсмическим данным о глубинном строении Татарстана (устное сообщение А.М. Кузина).

Таким образом, на масштабе отдельных бассейнов осадконакопления, связь процессов массивованного нефтегенеза с процессами развития глубинных коровых надвигов находит весомое подкрепление. На субрегиональном масштабе обращает на себя внимание существование протяженных широких поясов нефтегазообразования и их пространственная связь с тыловыми поясами древних и современных зон субдукции [6 и др.]. При этом в тыловых бассейнах зон субдукции (обычно это тектонически активные орогенные пояса) регистрируются повышенные потоки водорода. Происхождение этого водорода можно связать с установленным процессом окисления верхней мантии Земли при погружении в зонах субдукции приповерхностных окисленных пород. Компенсирующий это окисление восходящий поток водорода будет способствовать формированию УВ в широком тыловом поясе зон субдукции.

Таким образом, на субрегиональном масштабе благоприятными для развития массивованного нефтегенеза являются тыловые пояса палео- и современных зон субдукции, а на масштабе отдельных бассейнов – зоны глубинных надвигов, где происходит погружение больших масс богатых РОВ осадочных пород. В обоих этих случаях процессы нефтегенеза оказываются тесно связанными с процессами рециклинга вещества тектоносферы, с его вещественными преобразованиями при пересечении границ между различными геосферами.

Литература

1. *Бурштейн Л.М.* Статистические оценки параметров распределения скоплений нефти по величине в слабоизученных седиментационных бассейнах // Геология и геофизика. 2006. Т. 47, №9. С. 1013-1023.
2. *Конторович А.Э., Демин В.И., Страхов И.А.* Закономерности выявления различных по запасам месторождений нефти и газа в нефтегазоносных бассейнах // Геология и геофизика. 1985. № 11. С. 3-16.
3. *Родкин М.В., Зотов И.А., Граева Е.М., Лабунцова Л.М., Шатахян А.Р.* Степенные распределения в рудо- и нефтегенезе – интерпретация и порождающие механизмы // Российский журнал наук о Земле. 2010. Т. 11, №3.

4. Соколов Б.А. Автоколебательная модель нефтеобразования // Вестн. Моск. Ун-та, серия 4, Геология. 1990. № 5. С. 3-16.
5. Родкин М.В. Очаг нефтеобразования как неравновесная динамическая система – сопоставление с эмпирическими данными // Геолог Украины. 2006. № 4. С. 60-67.
6. Родкин М.В. Рециклинг углерода в зонах субдукции и роль процессов рециклинга в образовании месторождений УВ в преддуговых и задуговых бассейнах // Дегазация Земли и генезис углеводородных флюидов и месторождений. М.: ГЕОС, 2002. С. 221-253.
7. Сафонов А.С., Дунаева Л.П., Корольков Ю.С., Семьяшкин А.Г., Страхаль М.В. Физико-геолого-генетическая модель – основа прогноза высокоперспективных зон нефтегазоносности // Прикладная геофизика. 1994. Вып. 131. С. 385-392.
8. Валяев Б.М. Углеводородная дегазация Земли: масштабы и роль в нефтегазонакоплении // Геология нефти и газа. 1994. № 9. С. 38-42.
9. Inan S., Yalqm M.N., Guliev I.S., Kuliev K., Feizullayev A. Deep petroleum occurrences in the Lower Kura Depression, South Caspian Basin, Azerbaijan: an organic geochemical and basin modeling study // Marine and Petroleum Geol. 1997. Vol. 14, N 718. P. 731-762.
10. Родкин М.В. Флюидогенетическая модель литосферы Южного Каспия // Геотектоника. 2003. № 1. С. 43–53.
11. Муслимов Р.Х., Глумов И.Ф., Нургалиев Д.К. и др. Нефтяные и газовые месторождения – саморазвивающиеся и постоянно возобновляемые объекты // Геология нефти и газа. 2004. № 1. С. 43-49.

ДЕГАЗАЦИЯ ЗЕМЛИ И ФОРМИРОВАНИЕ ОСАДОЧНЫХ БАССЕЙНОВ НА ГРАНИЦЕ КОНТИНЕНТ – ОКЕАН

А.Г. Родников, Л.П. Забаринская, Н.А. Сергеева

Геофизический центр РАН, Москва, Молодежная, 3, rodnikov@wdcb.ru

Research was conducted on the deep structure of sedimentary basins located in the continent – ocean contact zones characterized by increased seismicity, volcano eruptions and other disastrous phenomena. Sedimentary basin formation is associated with processes going on in the upper mantle and specifically in the asthenosphere. From the asthenosphere the diapirs that are channels by which deep fluids bearing mantle-degassing products penetrate into sedimentary basins, being an additional source of hydrocarbons.

Проблема влияния дегазации Земли на формирование осадочных бассейнов и накопление в них углеводородов рассмотрена многими исследователями (Кропоткин, Валяев, 1991; Дмитриевский, Валяев, 2002; Валяев, 2006; Грачев, 2002; Летников, 2006; 2009 и др.). В переходной зоне от Азиатского континента к Тихому океану магматизм и связанная с ним дегазация мантии неоднократно проявлялись в процессе эволюции осадочных бассейнов. Осадочные бассейны отличаются аномальным глубинным строением. Для них характерны: рифтовые структуры или спрединговые центры в их основании; активный магматизм в начальной стадии образования; гидротермальные процессы, связанные с формированием сульфидов; высокая плотность теплового потока, обусловленная подъемом астеносферы к земной коре; локализация астеносферных диапиров под осадочными бассейнами.

Дегазация верхней мантии, по-видимому, обусловлена апвеллингом астеносферного диапира к подошве земной коры, что приводит к расколам литосферы и

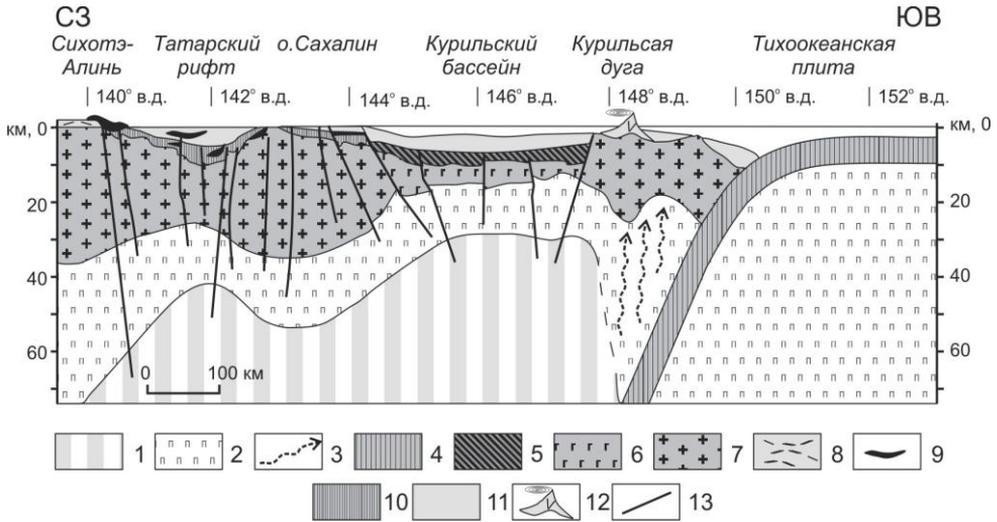


Рис. 1. Геотраверс региона Охотского моря (Филатова, Родников, 2006)

1 – астеносфера; 2 – надастеносферная мантия; 3 – флюидные потоки; 4 – океаническая кора; 5 – вулканогенные комплексы (N_1); 6 – «базальтовый» слой (N_1); 7 – континентальная кора; 8 – вулканогенный пояс Сихотэ-Алинь; 9 – магматические комплексы зон растяжения (Pg_3-Q); 10 – вулканогенно-терригенные комплексы континентальных рифтов ($Pg-N_2$); 11 – терригенные пострифтовые комплексы (N_2-Q); 12 – вулканы Курильской дуги; 13 – разломы

излияниям магматических расплавов. Так, в пределах глубоководных впадин, расположенных вдоль геотраверса Охотского моря (рис. 1) выделяются несколько этапов внедрения магмы (Филатова, Родников, 2006).

В Татарском рифте, где обнаружены нефтегазовые проявления, выделены три этапа магматической активности, свидетельствующие о различных глубинах областей магмогенерации: эоцен-олигоценые (55–24 млн лет) базальтоиды начального рифтогенеза; ниже-среднемиоценовые (23–15 млн лет) стадии максимального растяжения представлены толеитами, к этому времени приурочено формирование месторождений углеводородов. Завершается магматическая активность излияниями среднемиоценовых-плиоценовых базальтоидов.

Приуроченные к грабенам Южно-Курильской впадины базальтоиды включают ранне-среднемиоценовые (14–11 млн лет) разновидности со свойствами известково-щелочной серии, средне-позднемиоценовые (9–7 млн лет) деплетированные базальты и андезиты, близкие толеитовой серии и базальтоидов известково-щелочной серии (1.07 и 0.84 млн лет). Выделенные возрастные группы базальтоидов Южно-Курильской впадины связаны с последовательными стадиями растяжения континентальной коры, обусловленного внедрением астеносферного диапира. Над астеносферными диапирами в осадочном чехле в Татарском проливе и впадине Дерюгина зафиксированы залежи углеводородов, а в Курильской котловине на вершинах подводных вулканов установлена сульфидная минерализация. Мантийные флюиды астеносферных диапиров, по-видимому, определяют геодинамическое развитие осадочных бассейнов и формирование в них углеводородных залежей.

Наиболее полно можно проследить связь процессов, протекающих в астеносфере, с формированием осадочных бассейнов вдоль геотраверса Северо-Китайская равнина – Марианская островная дуга (Родников и др., 2007).

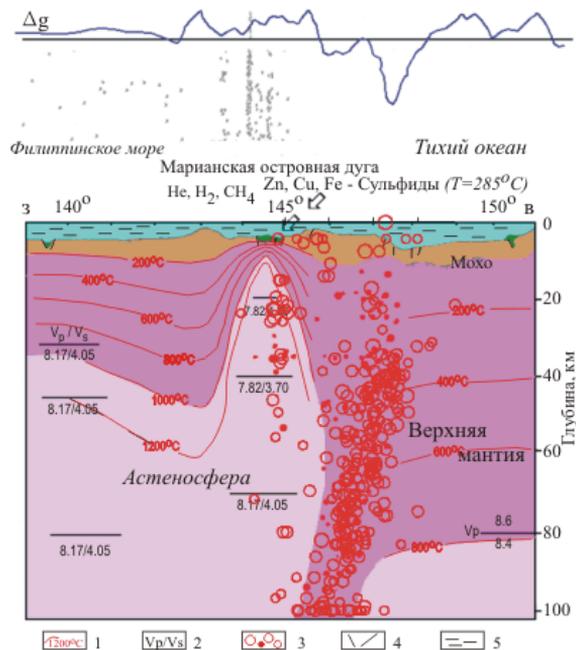


Рис. 2. Глубинное строение Марианской островной дуги. 6 млн лет назад в результате апвеллинга астеносферного диапира к коре Марианская островная дуга раскололась на две дуги с образованием междугубового трога. Вдоль осевой зоны трога были образованы рифтовые структуры с излиянием толеитовой магмы, формированием сульфидов и углеводородных залежей

Марианский трог, представляющий собой междугубовой бассейн, образованный 6 млн лет назад в результате спрединговых процессов (рис. 2). С рифтовыми структурами связаны излияния толеитовых базальтов и интенсивная гидротермальная деятельность. Отмечаются высокие значения теплового потока (Hobart et al., 1983). Исследованиями, проведенными американскими учеными на подводном аппарате «ALVIN» в 1987 году, обнаружены гидротермальные источники с температурой воды, достигающей 285 °C (Craig et al., 1987). Гидротермальная активность с образованием сульфидов цинка, меди и железа были отмечены во время глубоководного бурения с НИС «Glomar Challenger» и при драгировании с НИС «Nakuho-Maru» (Hussong et al., 1981). Пробы воды показали высокое содержание гелия, водорода и метана. Трог характеризуется тонкой корой (около 10 км). Горячая астеносфера, подступающая непосредственно к подошве коры, обусловила активные тектонические и магматические процессы. Марианский трог, вероятно, представляет собой пример начального этапа формирования спредингового осадочного бассейна.

В пределах Северо-Китайской равнины выделено три этапа магматической деятельности. 60 млн лет назад (в палеогене) на поверхность изливалась толеитовая магма, астеносфера располагалась на глубине около 50 км. В то время сформировались основные грабеновые структуры Северо-Китайской равнины. В неогеновый период (20 млн лет назад) толеитовая магма сменилась магмой оливиновых базальтов, астеносфера опустилась на глубину примерно 70 км. В четвертичный период магматизм был выражен лишь щелочными базальтами, слагающими отдельные вулканические конусы, а очаги магмообразования погрузились на глубину около 100 км. Сейсмические данные свидетельствуют о разуплотнении мантии под корой платформы. Рассматривая геодинамическое развитие осадочных бассейнов Северо-Китайской равнины в связи с процессами, протекающими в мантии, можно выделить этапы, во время которых происходило дегазация мантии и, соответственно, формирование углеводородов. В данном случае это неогеновый период, когда после подъема астеносферного диапира, содержащего горячие флюиды, произошло образование грабеновых структур, заполненных осадками. Исследование глубинного строения недр Земли под осадочными впадинами, содержащими нефть и газ, дает возможность выделить эпохи наивысших темпов дегазации астеносферных диапиров, определяющей формирование месторождений углеводородов.

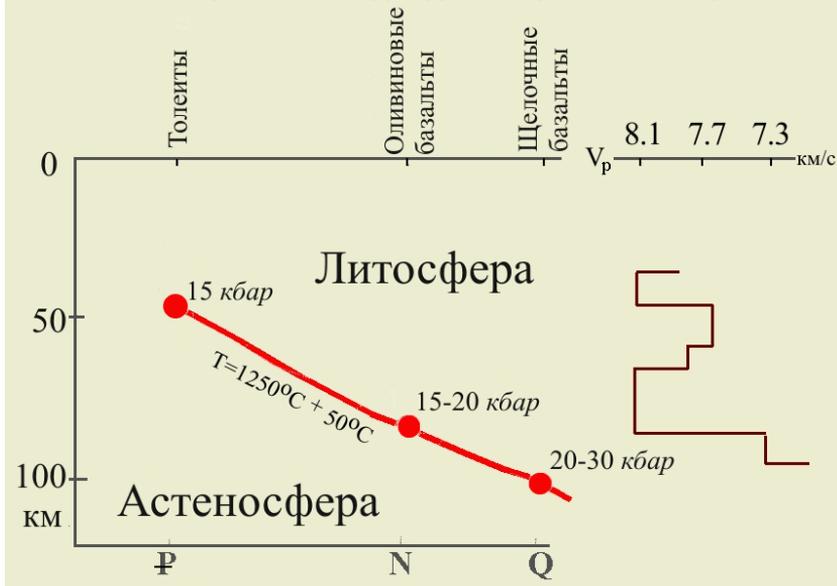


Рис. 3. Связь между составом и возрастом извержения магмы и строением литосферы Северо-Китайской равнины. В палеогене астеносфера, содержащая магматические очаги, под Северо-Китайской равниной располагалась на глубине около 50 км, в неогене глубина до астеносферы составила примерно 70 км, а в четвертичное время астеносфера опустилась до глубины 100 км. Сейсмический разрез, справа от графика, показывает области в верхней мантии с пониженными скоростями сейсмических волн

неогеновый период (20 млн лет назад) толеитовая магма сменилась магмой оливиновых базальтов, астеносфера опустилась на глубину примерно 70 км. В четвертичный период магматизм был выражен лишь щелочными базальтами, слагающими отдельные вулканические конусы, а очаги магмообразования погрузились на глубину около 100 км. Сейсмические данные свидетельствуют о разуплотнении мантии под корой платформы. Рассматривая геодинамическое развитие осадочных бассейнов Северо-Китайской равнины в связи с процессами, протекающими в мантии, можно выделить этапы, во время которых происходило дегазация мантии и, соответственно, формирование углеводородов. В данном случае это неогеновый период, когда после подъема астеносферного диапира, содержащего горячие флюиды, произошло образование грабеновых структур, заполненных осадками. Исследование глубинного строения недр Земли под осадочными впадинами, содержащими нефть и газ, дает возможность выделить эпохи наивысших темпов дегазации астеносферных диапиров, определяющей формирование месторождений углеводородов.

Исследования поддержаны грантом РФФИ №09-05-00406а.

ДЕГАЗАЦИЯ ЗЕМЛИ И ЗАКОНОМЕРНОСТЬ ГИДРОТЕРМАЛЬНОГО НАФТОИДОГЕНЕЗА

Ю.В. Рокосов

Институт углехимии и химического материаловедения СО РАН,
проспект Советский 18, Кемерово, Россия, geochem@ngs.ru

The regularity of hydrothermal naftoidogenesis is here discussed in detail. The role of Earth degassing in naftoidogenesis takes into account.

Учитывая значительные масштабы дегазации Земли, генезис и природные превращения осадочного органического вещества необходимо изучать с учетом этого планетарного процесса. Закономерности нафтидогенеза могут быть связаны с выносом химических элементов из внутренних зон Земли в виде флюидно-газовой фазы. Об этом свидетельствует тесная связь планктоногенных эпох с флюидной разгрузкой урана и других элементов, стимулирующих аномальную биопродуктивность Мирового океана [1]. Эпохи уранонакопления характеризуются интенсивной концентрацией планктонного органического вещества. Наиболее крупные планктоногенные и радиоактивные эпохи (эпохи Неручева) в фанерозое – верхний венд–нижний кембрий, верхний девон–нижний карбон, верхняя пермь, верхняя юра–нижний мел, верхний мел–нижний палеоцен, средний и верхний эоцен. Для этих эпох характерна экстремальная биопродуктивность простейших микроорганизмов, в основном сине-зелёных водорослей (цианобактерий), что и обуславливало возможность накопления в осадках огромных масс планктонного (сапропелитового) органического вещества.

В последнее время представлялось очевидным, что циклическое проявление эпох интенсивного уранонакопления сопровождалось значительным воздействием уранового отравления и ионизирующей радиации на микроорганизмы и формированием сапропелитовых осадочных отложений [2]. Однако гипотеза циклического накопления сапропелитового органического вещества долго не получала теоретического и экспериментального подтверждения на молекулярном уровне.

Вклад дегазации Земли в полигенный нафтидогенез может осуществляться и через прямое воздействие гидротерм на сформировавшуюся сапропелитовую массу. В природе имеют место процессы геологически мгновенного образования нафтоидных компонентов в результате гидротермального воздействия на сапропелитовое органическое вещество осадочных отложений [3]. Хотя термин «нафтидогенез» подходит к любой теории образования газа, нефти и ее естественных производных, нужно, по-видимому, ввести в научный язык термин «нафтоидогенез» применительно к гидротермальному нефтеобразованию.

В настоящем докладе основное внимание уделяется вопросам, касающимся характеристики связи между явлением преобразования липидов микроорганизмов в осадочное органическое вещество и явлением преобразования сапропелитового органического вещества в нафтоидные компоненты с участием гидротермальных процессов в земной коре. Как возникает и каким образом осуществляется на молекулярном уровне объективно необходимая (закономерная) связь между этими явлениями? Как выявлять эту связь явлений? Основным результатом поиска ответов на эти вопросы является открытие закономерности гидротермально-нафтоидогенеза, которое формулируется следующим образом.

Установлена неизвестная ранее закономерность последовательных преобразований липидов микроорганизмов в осадочное органическое вещество и в первичные нафтоидные компоненты с участием гидротермальных процессов в земной коре, заключающаяся в преобразовании липидов микроорганизмов в макромолекулы, которые сохраняются в процессе диагенеза, слагают основную массу сапропелитового керогена и превращаются в условиях гидротермального разложения в первичные нафтоидные компоненты, что обусловлено окислительной полимеризацией и конденсацией липидных компонентов клеточных мембран микроорганизмов и образованием полимерлипидных молекул с пероксидными, простыми эфирными и углерод-углеродными поперечносшивающими связями, селективно расщепляющимися в окислительно-гидролитических условиях.

В качестве доказательства установленной закономерности рассматриваются результаты выявления механизмов формирования структурных элементов сапропелитового керогена и их преобразования в первичные нафтоидные компоненты методами теоретического и экспериментального моделирования.

Разработанные геохимические модели процессов образования и гидротермального разложения сапропелитового керогена выгодно отличаются от других инструментов их познания, потому что позволяют проникнуть во внутренний механизм этих процессов. Они позволили установить, что в механизмах процессов образования сапропелитового керогена ключевую роль играли не только и не столько реакции полимеризации липидных компонентов органического вещества, как это представляло себе абсолютное большинство исследователей, сколько реакции их перекисного окисления, причем уже на стадии отмирания альгальных (микробных) клеток. Это говорит о том, что перекисное окисление липидов микроорганизмов представляло собой грандиозное по своей значимости явление, благодаря которому формировалась основная масса сапропелитового керогена во всей обозримой геологической истории бактериосферы Земли.

Основные структурные элементы сапропелитового керогена формировались из радикальных и кетодиеновых продуктов перекисного окисления полиненасыщенных липидных компонентов посредством реакций свободнорадикальной полимеризации, альдольной конденсации, циклизации по Дильсу-Альдеру и конденсации по Михаэлю. В результате меж- и внутримолекулярной полимеризации промежуточных продуктов по свободнорадикальному механизму образовывались пероксидные, простые эфирные и углерод-углеродные поперечные связи, в то время как реакции альдольной конденсации, циклизации по Дильсу-Альдеру и конденсации по Михаэлю приводили к углерод-углеродным связям.

Данные анализа химических свойств липидных компонентов клеточных мембран микроорганизмов-керогенообразователей подтвердили авторскую концепцию углерод-углеродных мостиковых (поперечносшивающих) связей в альгенах – устойчивых макромолекулах, образование которых начинается в мембранах клеток отмирающих альг, – селективно сохраняющихся в процессе диагенеза полимерлипидных веществах, слагающих основную массу сапропелитового керогена. Окислительно-гидролитические превращения этих полимерлипидных веществ происходят с неизменным участием углерод-углеродных мостиковых связей и составляют суть процессов гидротермального разложения сапропелитового керогена, и приводят к образованию первичных нафтоидов, состав и строение которых отражают его структурные особенности. Эти структурные особенности свойственны всем полимерлипидным веществам и определяются наличием

(и возможностью образования) β -карбонильных/гидроксильных группировок, которые селективно ослабляют (поляризуют) отдельные углерод-углеродные связи и тем самым способствуют в гидротермальных условиях их гидролитическому расщеплению с образованием кислородсодержащих нафтоидных компонентов прогнозируемого состава и строения.

Концепция возникновения углерод-углеродных мостиковых связей в альгенах позволила спрогнозировать состав и строение основных продуктов гидротермального разложения сапропелитового керогена, чего нельзя было сделать при рассмотрении только полиметиленовых, кислородных и сульфидных мостиков, и стала началом новых направлений исследований в геохимии – химии альгенанов и химии гидротермального разложения сапропелитовых углеродистых пород.

Сущность описанной выше закономерности нафтоидогенеза, ее научная и практическая значимость более подробно изложены в работах [4–14].

Литература

1. *Неручев С.Г.* Уран и жизнь в истории Земли. Л.: Недра, 1982. 208 с.
2. *Сидоров А.А., Томсон И.Н.* Рудоносность черносланцевых толщ: сближение альтернативных концепций // Вестник РАН. 2000. Т. 70. №8. С. 719-724.
3. *Леин А.Ю., Конова Н.И., Лисицын А.П.* Новые данные о природе нафтоидов гидротермальной системы рифта Гуаймас (Калифорнийский залив) // ДАН. 1989. Т. 305. №1. С. 207–211.
4. *Рокосов Ю.В., Бодоев Н.В., Сидельников В.Н., Рокосова Н.Н.* О современных концепциях происхождения сапропелитового керогена в свете результатов гидротермального разложения модельного вещества и балхашита // Геохимия. 1996. №4. С. 345-356.
5. *Rokosov Yu.V., Bodoev N.V., Sidel'nikov V.N., Rokosova N.N.* Hydrothermal alteration of bazhenite to aliphatic hydrocarbons, carboxylic acids and other oxygen-containing compounds // Fuel. 1996. V. 75. N 2. P. 249-251.
6. *Рокосов Ю.В.* О новом направлении исследований в органической геохимии // Геохимия. 1996. №12. С. 1245–1248.
7. *Рокосов Ю.В.* О новых направлениях исследований в органической геохимии // Нефтехимия. 1997. Т. 37. №1. С. 17–22.
8. *Рокосов Ю.В., Рокосова Н.Н., Бодоев Н.В., Лебедев К.С.* Новые данные о составе первичных нафтоидов экспериментального гидротермального разложения сапропелитовых углеродистых пород // Геохимия. 1998. №10. С. 1059-1064.
9. *Рокосов Ю.В.* «Загробная» жизнь липидов водорослевой клетки // Российская наука: грани творчества на грани веков / Под ред. акад. В.П. Скулачева. М.: Научный мир, 2000. С. 362-370.
10. *Усков С.И., Рокосова Н.Н., Рокосов Ю.В., Бодоев Н.В.* Моделирование процессов образования керогена с использованием фосфолипидных липосом // Геохимия. 2001. №8. С. 887-896.
11. *Рокосов Ю.В., Рокосова Н.Н., Усков С.И., Бодоев Н.В.* Образование осадочного органического вещества и нефтяных соединений с участием гидротермальных процессов земной коры // Нефтехимия. 2004. Т. 44. №4. С. 255-265.
12. *Рокосов Ю.В.* Геохимия процессов образования и гидротермального разложения сапропелитового керогена // Автореф. дис. ... докт. геол.-мин. наук. Новосибирск, 2004. 36 с.
13. *Рокосов Ю.В., Рокосова Н.Н.* Гидротермальное разложение сапропелитов и перспективы создания рабочих станций углехимического и геохимического мониторинга // Естественные и технические науки. 2008. №4. С. 151-155.
14. *Рокосов Ю.В., Рокосова Н.Н.* Гидротермальное разложение как метод оценки степени катагенетической преобразованности органической массы сапропелитов // Естественные и технические науки. 2009. №1. С. 134-137.

КРУПНЕЙШИЕ МИРОВЫЕ БОР-ЛИТИЕНОСНЫЕ ПРОВИНЦИИ: ПУТИ МИГРАЦИИ РУДНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И МЕХАНИЗМ ФОРМИРОВАНИЯ

Т.В. Романюк¹, А.В. Ткачев²

¹ Институт Физики Земли РАН, 123995 Москва, Б. Грузинская 10; romanyuk@relcom.ru

² Государственный геологический музей РАН, 125009 Москва, Моховая 11-2; tkachev@sgm.ru

Самые продуктивные в мире бор-литиеносные провинции имеют неоген-четвертичный возраст и располагаются на северо-западе Анатолийского п-ова, в центральных областях активных западных окраин Южной и Северной Америк, в Южном и Северном Тибете. Они обеспечивают мировую экономику на 90 % борным сырьем и на 60 % литиевым и имеют громадные ресурсы на длительную перспективу эксплуатации. Поэтому они достаточно активно изучаются, особенно последние четверть века. Поскольку месторождения здесь представляют собой лимнические отложения и/или рассолы озер, то основной упор в анализе критериев их контроля всегда делался на экзогенных факторах. При этом исследователи, используя очевидное размещение бор-литиеносных объектов над зонами современной субдукции в Андах, априорно их связывали генетически напрямую, формулируя двухстадийную модель: субдукция слэба поставляет через магмо-флюидный поток полезные компоненты на поверхность, где они в условиях аридного климата формируют рудные концентрации.

Авторам настоящего доклада в результате кропотливого синтеза данных, освещающих строение литосферы регионов всех пяти бор-литиеносных провинций, прослеживания тектонических, магматических, геотермальных, минерализационных событий и направленных на реконструкцию палеогеодинамических обстановок в регионах провинций, удалось установить несколько иную, более сложную трехэтапную схему их формирования (рис. 1). В анализ был вовлечен беспрецедентно широкий для данного типа объектов спектр данных по геологии, геофизике, геодинамике, общей и изотопной геохимии, абсолютной геохронологии, формационному анализу, что делает разработанную модель многоаспектно аргументированной [Романюк, Ткачев, 2010].

На первом этапе, подготовительном и самом длительном по продолжительности, происходит обогащение самых верхних слоев океанической литосферы бором и литием за счет взаимодействия с морской водой (базальты, серпентинизированные перидотиты) и накопления глинистых осадков. Породы океанической коры, а также фрагменты верхней плиты и мантийного клина могут затаскиваться в зонах субдукции на большие глубины. Там под действием изменяющихся давлений и температур происходят физико-химические преобразования вещества, в том числе дегидратация водосодержащих минералов и частичное плавление пород. При этом бор и литий частично экстрагируются из субдуцируемого слэба, а мигрирующий вверх дискретный магмо-флюидопоток «поставляет» эти элементы в надсубдукционную колонку. Меньшая часть магмо-флюидопотока проявляется в приповерхностном магматизме активных окраин, а его большая часть, останавливаясь в мантийном клине, становится резервуарами обогащенного по бору и литию вещества. Обогащение надсубдукционной литосферы от аккреционной призмы до глубокой задуговой области за счёт выноса этих элемен-

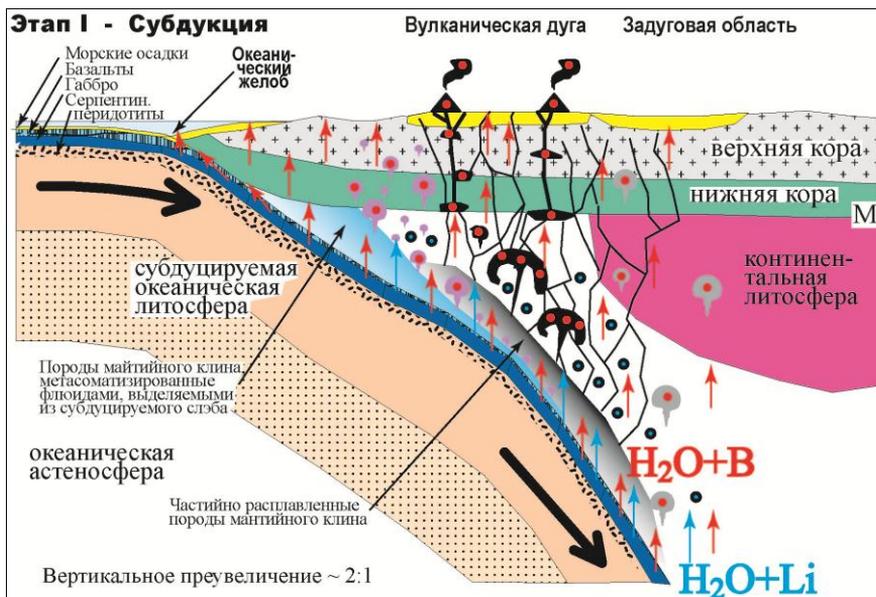


Рис. 1 а. (Этап I). Концептуальная схема накопления бора и лития в надсубдукционной колонке за счёт выноса этих элементов из субдуцируемой океанической литосферы в течение достаточно длительного субдукционного процесса. В мантийном клине градиентной заливкой показаны области серпентинизации и «мокрого» плавления перидотитов, более темные тона соответствуют более интенсивному процессу

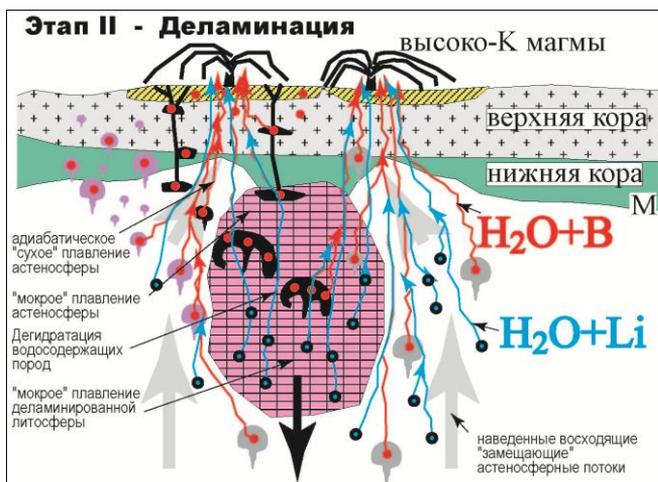


Рис. 1 б. (Этап II). Концептуальная схема мобилизации бора/лития высококалийевыми магмами при деляминации фрагмента литосферного корня. Дестабилизация большого объема мантийных пород вызывает образование расплавов, которые абсорбируют и выносят к поверхности большие объемы бора и лития, рассредоточенные в литосфере



Рис. 1 в. (Этап III). Концептуальная схема формирования вулканогенно-осадочного борного месторождения в бессточной котловине. За основу взята модель месторождения Бигадиц по [Helvacı, Alaca, 1991]

тов происходит в течение достаточно длительного субдукционного процесса. Распределение этих элементов чрезвычайно неоднородно и на микроуровне (отдельные прожилки) и в макромасштабе (сотни метров- десятки километров). Возможные пути миграции этих элементов и пропорциональность их участия в разных областях промежуточной аккумуляции могут несколько различаться из-за того, что они по-разному распределены в породах субдуцируемого слэба, и их поведение в водном флюиде и силикатных расплавах также не идентично. Скорее всего, основная часть лития относительно равномерно распределяется в надслэбовой части субдукционной колонки, фиксируясь в мантийных магнезиальных силикатах, в то время как распределение бора, имеющего большое сродство к флюидной фазе и потому активнее участвующего в мобилизационных процессах, более неоднородно с ярко выраженными промежуточными очагами обогащения – комплексы аккреционной призмы, маленькие плюмы и т.д. Но и часть лития, мобилизованного наряду с бором из пород слэба и надсубдукционного клина в расплавы, в этих «очаговых» структурах также консервируется. То есть, хотя бы частичное пространственное совмещение повышенных концентраций бора и лития в надсубдукционной мантии вполне реально.

Ключевым моментом второго этапа является деламинация предварительно обогащенного бором/литием фрагмента литосферной мантии надсубдукционной зоны. Процесс сопровождается глубокой тектономагматической переработкой больших объемов вещества литосферы, при которой создаются благоприятные условия для «вымывания» и выноса к поверхности Земли бора и лития вместе с магмо-флюидным потоком. Прорыв магмо-флюидного потока к поверхности наиболее вероятен в структурах растяжения коры над восходящим астеносферно-мантийным противотоком, замещающим деламинированный фрагмент. По-видимому, основной объем бора и лития приносится глубинными высококалорийными магмами низкой и средней кремнекислотности, внедрение которых совпадает по времени с началом формирования месторождений.

На третьем этапе вынесенные к поверхности бор и литий формируют лимнические месторождения, но только в том случае, если попадают в бессточные озера, в которых в условиях аридного климата происходит интенсивное выпаривание воды и образование рудоносных рассолов и/или лимнических отложений.

Не исключая полностью того, что какая-то часть бора и лития поступает из нижней части верхней мантии и даже, может быть, более глубоких частей Земли, имеющиеся данные свидетельствуют о том, что подавляющая часть бора и лития, участвующая в рудогенезе, циркулирует в литосфере и гидросфере. Океаническая кора и подкорковая мантия постоянно «подпитываются» этими элементами из океана, транспортируют эти элементы в зоны субдукции, откуда они переносятся выделяемыми из слэба флюидами/расплавами в надсубдукционную колонку. Там они фиксируются в промежуточных очагах, до тех пор, пока блоки коры, вмещающие эти очаги, не будут вовлечены в следующие эпизоды активизации, и в частности, в эпизоды деламинирования фрагментов литосферы. Формирующийся при этом магмо-флюидопоток выносит бор и литий в верхние горизонты коры, где в условиях аридного климата существует высокая вероятность их аккумуляции и концентрирования либо в рассолах, либо в лимнических отложениях. Однако вследствие высокой мобильности этих элементов, вероятность сохранности месторождений во времени ничтожна. Наиболее вероятно, что они будут вскоре размыты, а бор и литий опять поступят в океан и будут участвовать в следующем цикле. Вместе с тем, рудогенерирующие магмо-флюидопотоки не могли не оставить «следы» своей миграции, в т.ч. в верхней коре.

Синтез литературных данных по эндогенным известково-скарновым боросиликатным объектам явно указывает на то, что, как минимум, некоторые из них, в том числе такие весьма крупные месторождения, как палеогеновые Дальнегорское в Сихотэ-Алине и Акархар на Памире являются сохранившимися «корневыми» частями рудообразующих палеосистем описанного типа. Рассматриваемые сейчас как магнезиально-скарновые палеопротерозойские боратные месторождения в поясе Ляонин-Гирин в Китае и Таежное на Алдане демонстрируют признаки сильно метаморфизованных палеоаналогов современных борных месторождений проанализированного типа. Но здесь степень определенности еще не столь высока, чтобы утверждать это с абсолютной уверенностью. Прояснить картину должны дальнейшие исследования.

Литература

Helvacı C., Alaca O. Geology and mineralogy of the Bigadic borate deposits and vicinity // Mineral Res. Expl. Bull. 1991. V. 113. P. 31–63.

Романюк Т.В., Ткачев А.В. Геодинамический сценарий формирования крупнейших мировых миоцен-четвертичных бор-литиеносных провинций. М.: ИФЗ РАН, 2010.

ГЛУБИННЫЕ СЕЙСМОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ РЕГИОНАЛЬНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НЕФТЕГАЗОПЕРСПЕКТИВНЫХ ЗОН

Д.И. Рудницкая, В.С. Старосельцев, А.С. Сальников

СНИИГГИМС, Новосибирск, Красный проспект, 67

Fields of seismic inversion attributes in the Earth's crust sections in the oil-and-gas pools of Siberia and North-Eastern Russia have been analyzed. Indications of anomalous zones which may be conductors for mantle solutions in its upper parts have been established. These indications may be used for forecasting giant hydrocarbon accumulations.

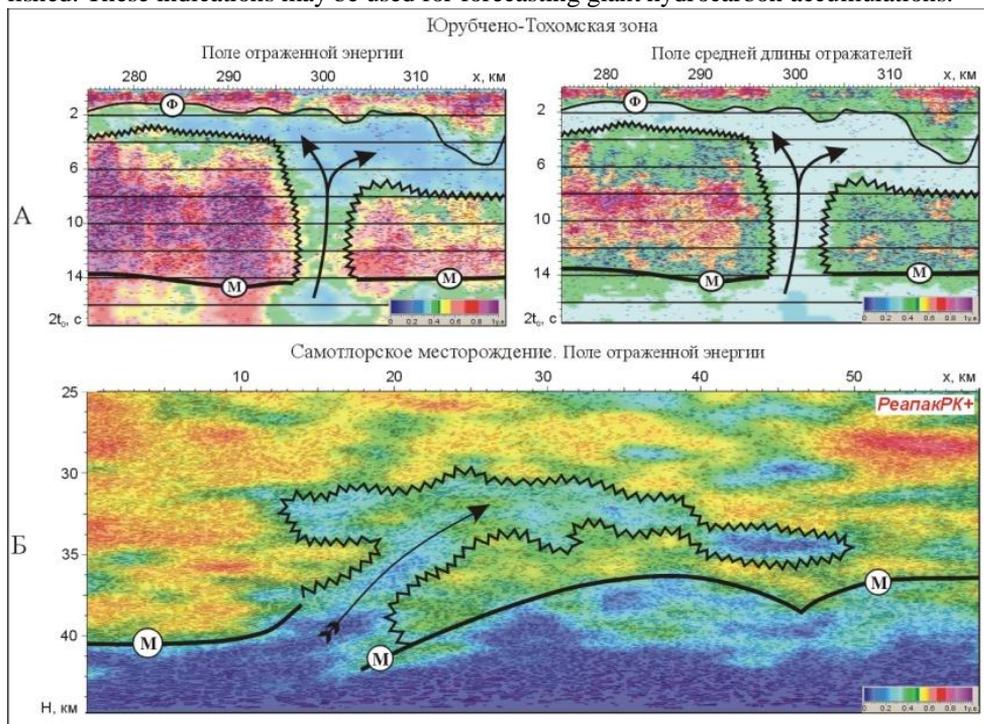


Рис. 1 Фрагменты макромоделей земной коры, относящиеся к территории крупных месторождений УВ

А - Юрубчено-Тохомская зона (Байкитская антеклиза Сибирской платформы); Б - Самотлорское месторождение (Западно-Сибирская плита)

С особенностями глубинного строения и геодинамическими процессами формирования земной коры, а также с процессами ее дегазации связано становление крупных нефтегазоносных бассейнов мира. Отсюда повышенный интерес к изучению коровых и верхнемантийных неоднородностей. В настоящее время в научной литературе широко дискутируются результаты изучения процессов дегазации Земли [1] и связанных с ними вопросов прогнозирования крупных зон скопления углеводородов. Латеральная неравномерность дегазации земной коры отражается в геофизических полях, в частности, в ансамблях полей сейсмоинверсионных атрибутов, получаемых в результате обработки и интерпретации дан-

ных ОГТ средствами системы РеапакРК+. Ансамбль включает поля отраженной энергии, доминирующего знака коэффициентов отражения, плотности, средней и суммарной длины, наклонов и дисперсии наклонов отражателей. Эти поля, как реализация статистических оценок суперпозиции отраженных и рассеянных волн, характеризуют коллективные свойства гетерогенной среды и являются основой структурирования разрезов. Неоднородности полей определяют изменения качественного состава среды и ее физического состояния.

При анализе таких полей на месторождениях Юрубченско-Тохомской зоны (Сибирская платформа), Самотлора (Западно-Сибирская плита) а также месторождения открытого в пределах Анадырской впадины Корякско-Чукотского складчатого пояса, нами была предпринята попытка установить признаки, связывающие аномальные характеристики сейсмических параметров разреза земной коры и верхней мантии с наличием зон нефтегазоаккумуляции в верхней части разреза, а также проследить каналы, проводящие мантийные растворы и выделить флюидонасыщенные зоны земной коры, породы которых переработаны тектоническими процессами и процессами дегазации.

Фрагменты макромоделей земной коры по профилям Юрубчено-Тохомской зоны и Самотлорского месторождения, представленные в полях наиболее информативных сейсмоинверсионных атрибутов, показаны на рис. 1. На разрезах выделены зоны с относительно высокими и низкими значениями отраженной энергии. Они относятся соответственно к средам с тонкослоистой и аморфной акустической структурой. Тонкослоистые среды имеют разные формы и генезис внутренней слоистости. В верхней части разрезов она обусловлена, в основном, седиментационными процессами, а в средней и нижней частях земной коры, скорее всего, имеет тектоническую природу и может быть связана с реализацией тектонических напряжений, возникающих в разные периоды геологического времени. Так, в результате выделения внутренней энергии напряжения в среде могут происходить относительные перемещения отдельных материальных частиц. Имея разные физические характеристики, они перемещаются с разной скоростью (в масштабе геологического времени), в результате чего формируются акустически неоднородные пластины с группами границ одинаковой направленности. Сейсмические записи этих групп проявляются как зоны повышенной рефлексивности разреза. Одну из наиболее регулярных зон, отмеченную как пояс повышенной рефлексивности, можно наблюдать непосредственно над границей кора-мантия. Линию резкого снижения отраженной энергии в этой части разреза можно рассматривать как сейсмическую границу третьего рода [2], соответствующую границе Мохо. По этому признаку граница Мохо очень контрастно прослеживается на всех глубинных геосейсмических разрезах [3].

На разрезе, относящемся к северной части крупнейшей Юрубченско-Тохомской нефтегазоносной зоны (см. рис. 1А), выделена и прослежена граница Мохо, над ней – пояс повышенной рефлексивности. В средней и нижней частях земной коры выделены также крупные аномалии с низкими значениями отраженной энергии, малыми размерами отражателей, высокими значениями дисперсии наклонов отражателей. Аномалии имеют грибовидную форму, пересекают пояс повышенной рефлексивности в нижней части земной коры и фиксируют разрыв границы Мохо. Аномалии с близкими динамическими и структурными характеристиками в средней части земной коры, с нарушенной рефлексивностью нижней части земной коры и разрывом в прослеживании границы Мохо обна-

ружены также на Самотлорском нефтяном месторождении в Западной Сибири (см. рис. 1Б).

Очевидно, выделенные в представленных разрезах аномалии, можно рассматривать как субвертикальные каналы в нижней части земной коры, переходящие в обширные деструктивные зоны в верхней части разреза. Можно также предположить, что выделенные аномальные зоны являются путями проникновения мантийных растворов в верхнюю часть земной коры. Это, с одной стороны, может приводить к переработке вещественного состава пород нижней части земной коры, а с другой – благоприятно сказываться на процессах нефтегазообразования в осадочном чехле, в частности, способствовать катагенезу органического вещества

В
оса-
доч-

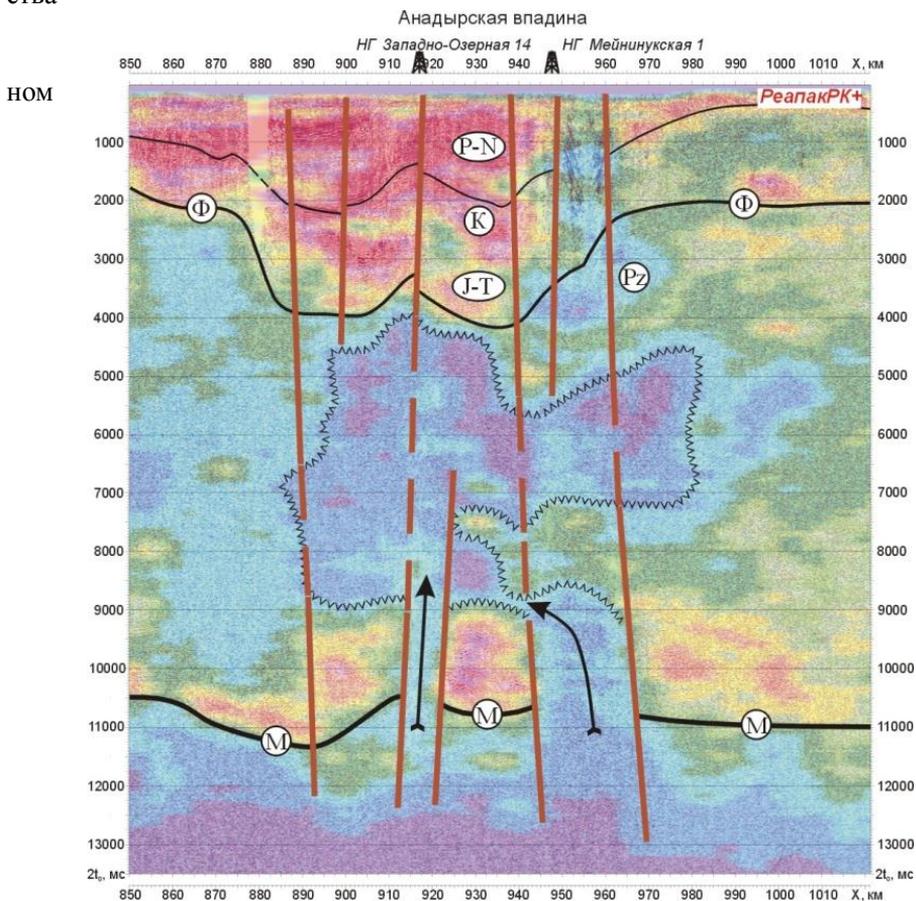


Рис. 2 Макромодель строения земной коры на фоне поля отраженной энергии, совмещенного с разрезом ЭКО (Поворотно-Телекайская нефтегазоносная зона Корякско-Чукотский складчатый пояс)

комплексе пород.

Аналогичные аномальные характеристики получены также в разрезе сейсмического профиля 2ДВ-А, пересекающего Западноозерное (Озернинское поднятие) и Мейнинукское (Поворотно-Телекайская нефтегазоносная зона) нефтегазовые месторождения, расположенные в пределах Анадырской впадины Корякско-Чукотского складчатого пояса (рис. 2). Здесь также наблюдаются разрывы в про-

слеживании границы Мохо, низкорелективные каналы и аномальные зоны трещиноватости, возможно, насыщенные водно-газовыми мантийными растворами. С ними можно связать область внедрения мантийного вещества в земную кору, что привело к концентрации мигрирующих углеводородов или растворов в верхней части разреза и способствовало формированию нефтегазового месторождения.

Из этого следует, что наличие подобных аномальных характеристик можно использовать в качестве одного из прогнозно-поисковых критериев выделения крупных зон перспективных на поиски нефти и газа. В связи с этим особый интерес могут представлять аномальные характеристики, обнаруженные в разрезах профилей пересекающих Касскую впадину, в зоне сочленения Сибирской платформы и Западно-Сибирской плиты (см. рис. 3). В пределах блока, относящегося к Касской впадине, наблюдается разрыв в прослеживании границы Мохо, а весь

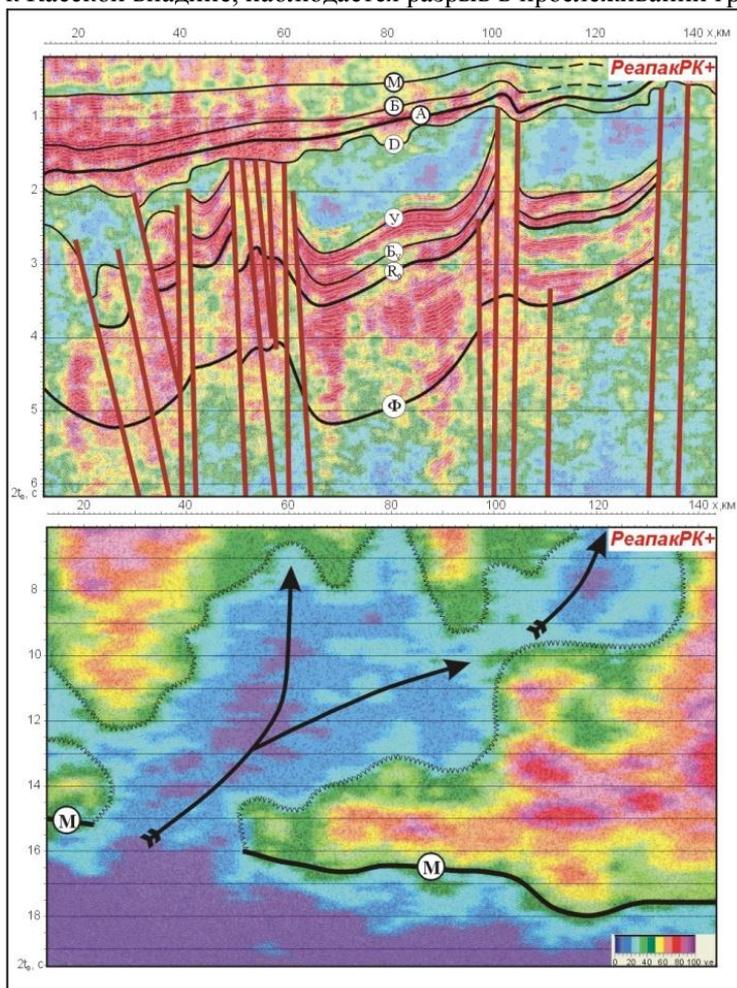


Рис. 3 Макромодель разреза Касской впадины (зона сочленения Западно-Сибирской плиты и Сибирской платформы)

интервал разреза, относящийся к нижней части земной коры, характеризуется аномально низкими значениями отраженной энергии и аномальными значениями

других параметров разреза (плотности, средней длины отражателей и др.). С этим связаны возможности положительной оценки перспектив нефтегазоносности разреза этой части территории сочленения. Тем более что здесь прослежен достаточно мощный комплекс отложений рифея, венда и кембрия. Хотя, судя по результатам изучения керна параметрической скважины Восток-4, для указанного комплекса характерна не совсем благоприятная степень катагенеза органического вещества. Нельзя исключать, что интенсивность поступления флюидов из глубины под Касской впадиной была избыточной, что находит отражение в масштабе разрыва поверхности М при сравнении рисунков 1, 2, 3.

Таким образом, ансамбли полей, рассчитанные в системе РеапакРК+ и представленные в виде набора формализованных динамических и структурных параметров разреза земной коры, существенно расширяют информационное пространство при изучении гетерогенных сред и при обнаружении каналов дегазации разреза. По этим полям могут быть установлены признаки выделения зон, которые могут быть проводниками для поступления флюидонасыщенных мантийных растворов способствующих формированию крупных скоплений УВ.

Литература

1. *Дмитриевский А.Н.* Прогноз, поиск и разведка нефти и газа – фундаментальные исследования // Актуальные проблемы прогноза, поисков и освоения углеводородных ресурсов земных недр. ВНИГРИ. Санкт-Петербург, 2009. С. 14–34.

2. *Караев Н.А., Лебедин П.А.* Сейсмическая гетерогенность земной коры и модель волнового поля // Исследование литосферы в работах петербургских геофизиков (Развитие идей академика Г.А. Гамбурцева). СПб., 2003. С. 88–103.

3. *Рудницкая Д.И., Вальчак В.И., Старосельцев В.С. и др.* Изучение глубинного строения земной коры нефтегазоносных территорий Восточной Сибири по сейсмическим данным // Геофизика. 2008. №3. С. 13–17.

ВОДОРОД В ЯДРЕ ЗЕМЛИ И ЕГО РОЛЬ В ТЕКТОНО-МАГМАТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ

В.Н. Румянцев

Геологический институт РАН

The work proves abundance of hydrogen in the Earth's outer core, which determines its planetary significance as one of the main sources of synthesis of water and methane. Water promotes partial melting of magnesium silicates in the D" layer, formation of plumes in it, rheological layering of the Earth's mantle and developing of tectonic deformation.

Особенности химического состава ядра Земли, сложенного, в основном, железом (примерно 85 %) с примесями никеля (примерно 5 %) и ряда легких элементов, а также особенности самой среды формирования ядра позволяют предположить возможность раннего и быстрого образования металлического ядра и его насыщения водородом на стадии аккреции в охлаждающемся протопланетном облаке (ПО).

Основанием для такого предположения является следующее:

– наличие у Fe и Ni ферромагнитных свойств при температурах ниже точки Кюри – 770 и 354 °С, соответственно (Г.В. Войткевич, 1979; В.Н. Румянцев, 2008; P.G. Harris, D.C. Tozer, 1967), что обуславливает быстрое слипание сконденсированных частиц;

– наличие в железных метеоритах легких элементов, входящих в состав минералов, также обладающих магнитными свойствами – троилит FeS, когенит (Fe, Ni)₃C, карлсбергит CrN, шрейберзит (Fe, Ni)₃P (P.T. Додд, 1986);

– обилие водорода в ПО, непосредственный контакт его с названными металлами, обладающими, как установлено металлургами, способностью к значительному окклюзионному поглощению водорода (Н.А. Галактионова, 1967);

– совпадение времени образования ядра со стадией молодого Солнца, отличавшейся сильной электромагнитной активностью и повышенной интенсивностью солнечного ветра (Г.В. Ривс, 1976);

– экспериментально доказанное образование гидроксида железа при давлении примерно 67 кбар и выше при температуре в опытах от 250 до 1500 °С (В.Е. Антонов и др., 1980; и др.).

Механизм захвата первичного солнечного водорода железным ядром в период его образования в охлаждающемся ПО схематично может быть представлен следующим образом. Вплоть до момента расплавления металлического ядра в его внешней части, когда у Земли отсутствовало собственное магнитное поле, она не была защищена от поступления плазмы солнечного ветра. При встрече с растущей планетой плазма солнечного ветра, содержащая молекулярный водород, гелий, а также ионизованные частицы (протоны и электроны), частично огибала ее, удаляясь к периферии солнечной системы, а частично поглощалась ею (П.И. Бакулин и др., 1983). При этом протоны водорода, обладающие высокой проникающей способностью и возможностью беспрепятственного, по существу, передвижения (Н.А. Галактионова, 1967), были поглощены (окклюдируются) во всем объеме образующегося железоникелевого ядра, а газы, благодаря высокой скорости движения солнечного ветра (порядка 400 км/с вблизи орбиты Земли), глубоко «вгонялись» в металлический агломерат, содержащий огромное количество микро- и макрополостей и заполняли эти полости. Молекулярный водород в полостях диссоциировал на поверхности металла с образованием протонов (Н.А. Галактионова, 1967), которые также вовлекались в процесс окклюзионного поглощения. Аккумуляция водорода в металлическом ядре в нелетучей форме предотвращала его диссипацию.

Металлическая структура железа и никеля, благодаря наличию крупных пустот, допускает возможность размещения в них чрезвычайно мелких частиц – свободных протонов (радиус $1 \times 10^{-5} \text{ \AA}$) и электронов, обладающих высокой подвижностью. Высокие давления, развивавшиеся в уплотняющемся под действием гравитационного сжатия вещества ядра, способствовали принудительному сближению разнозаряженных частиц и их взаимодействию с образованием атомов водорода. Последние обладают высокой химической активностью (Б.В. Некрасов, 1962) и вступают в реакцию с металлами, образуя гидриды железа и никеля. Непрерывное увеличение давления по мере роста и уплотнения металлического ядра, а затем и силикатной мантии, способствовали повышению степени замкнутости природной системы и стабильности FeH и NiH.

Как показано В.Н. Жарковым [1996], увеличение молекулярной доли водорода в железе на 0,1 приводит к снижению его плотности на $0,16 \text{ г/см}^3$. Учитывая

это и величину скачка плотности на границе внешнего жидкого (содержащего водород) и твердого внутреннего (состоящего из железа) ядра, находящейся на глубине 5155 км, можно оценить содержание водорода и форму его нахождения во внешнем ядре. Величина перепада плотности в модели PREM [А.М. Dziewon-ski, D.L. Anderson, 1981], на указанной глубине составляет $0,59 \text{ г/см}^3$, уменьшаясь при переходе от твердого к жидкому ядру с $12,76$ до $12,17 \text{ г/см}^3$. Получаем, что водород во внешнем жидком ядре находится в форме $\text{FeH}_{0,37}$. Масса внешнего ядра составляет $9,7 \times 10^{25} \text{ г}$, что при 90%-ном содержании железа и никеля дает $8,7 \times 10^{25} \text{ г}$ металла. Исходя из этого и гидридной формы нахождения водорода в металле, абсолютное содержание водорода во внешнем ядре составляет $5,8 \times 10^{23} \text{ г}$ (0,67 мас.%).

Насколько реально приведенное выше содержание водорода во внешнем жидком ядре, равное 0,67 мас.-%?

В работе Г.И. Войтова [1986] приведены годовые суммарные значения потоков глубинного водорода и углеводородов в различных геоструктурных зонах Земли. Для водорода интегральная величина составляет $6,1 \times 10^{12} \text{ г/год}$. Прибавив к этой величине количество водорода, содержащегося в углеводородах (в расчете на метан это составляет $41,9 \times 10^{12} \text{ г/год}$), получаем в сумме $4,8 \times 10^{13} \text{ г/год}$. Принимая условно величину разгрузки водорода и метана в течение 4 млрд лет постоянной во времени, находим, что в общей сложности потери водорода Землей составили $\sim 1,9 \times 10^{23} \text{ г}$. Таким образом, содержание водорода в Земле 4 млрд лет назад составляло $7,7 \times 10^{23} \text{ г}$. Такому содержанию водорода в металлическом ядре отвечает гидрид железа $\text{FeH}_{0,49}$. Как видно стехиометрическое соотношение атомов железа и водорода ($\text{Fe} : \text{H} = 1 : 1$) в гидриде железа в указанный период времени не достигалось, что можно объяснить неучтенными потерями водорода при формировании ядра Земли или/и во время его дегазации в уже сформировавшейся Земле.

Приведенные данные позволяют рассматривать внешнее жидкое ядро Земли как обильный источник водорода (что согласуется с представлениями А.А. Макарушева и Ф.А. Летникова), до настоящего времени неистощившийся и имеющий планетарное значение (воспроизведение запасов воды и углеводородов). Кроме того, водород является одним из компонентов, при участии которого происходит синтез воды в мантии. Экспериментально установлено, что водород, в отличие от воды, флюсующим действием не обладает. Вода же, как известно, даже в незначительных количествах (десятые доли весового процента) существенно (на сотни градусов) снижает температуру плавления минеральных веществ. Наличие в мантии значительного количества закисного железа (порядка 10 %) открывает широкие возможности для синтеза в ней воды. Образование воды в результате взаимодействия водорода с железосодержащими силикатами при повышенных температурах и давлениях показано экспериментально [Э.С. Персиков, М.Б. Эпельбаум, 1985; А.Г. Сокол, И.И. Федоров, 1991]. Флюсующим действием воды можно объяснить частичное плавление силикатных пород в слое D'' на участке толщиной от 10 до 40 км, непосредственно примыкающим к ядру, в котором сейсмологическими исследованиями обнаружено значительное уменьшение скорости продольных волн (V_p) от 5–10 до 30 % по сравнению с вышележащей мантией [J.Mori, D.V. Helmberger, 1995; Q. Williams, E.J. Garnero, 1997; E.J. Garnero, 2004].

Астеносферный («размягченный») слой D'' представляет особый интерес как «потенциальный источник тектонических движений» [В.Н. Жарков, 1983, с. 93]. Низкая вязкость вещества в этом слое определяет наименьшее сцепление слоя с внешним ядром и наибольшую вероятность горизонтальных срывов и смещений граничных слоев относительно друг друга [Мелихов, Лыгин, 2008].

Синтез воды в слое D'' способствует также образованию плюмов [Н.Л. Добрецов и др., 2001]. По мнению автора, образование воды в результате окисления водорода в его восходящих потоках приводит к реологическому расслаиванию мантии. Происходит это в результате моментального химического связывания образующейся воды в составе высокобарных гидроксилсодержащих силикатов магния (образование их при повышенных температурах и давлениях установлено экспериментально). Для этой группы силикатов характерна высокая пластичность [Минералогич. энциклопедия, 1985], что должно благоприятствовать развитию тектонических деформаций в мантии Земли.

В железных метеоритах, которые, как считается многими исследователями (см., например, [А.А. Ярошевский, 2004]), по своему составу идентичны железоникелевому ядру Земли. В их составе встречаются минералы, у которых магнитные свойства проявляются при низких температурах, – когенит (температура Кюри 210 °С) и карлсбергит (температура Нееля 0 °С). Это дает основание предполагать, что на завершающей стадии аккреции металлического ядра в охлаждающемся ПО температура его не превышала ~200 °С. В пользу этого предположения свидетельствует, основываясь на данных по составу железных метеоритов, высокая вероятность весьма незначительного содержания радиоактивных элементов в ядре, а также позднее (в интервале 2,7–2,0 млрд лет), судя по палеомагнитным данным [D.J. Stevenson et al., 1983], расплавление внешней части ядра.

Характерной особенностью завершающей стадии аккреции Земли является значительный разогрев ее поверхности вплоть до плавления и образования глобального «магматического океана» в результате импактного разогрева в результате столкновения растущей Земли с планетезималями, размер которых на завершающей стадии ее формирования достигал 100 км в диаметре [В.С. Сафронов и др., 1990] и тепла, выделяющегося при распаде долгоживущих радиоактивных изотопов ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K , концентрирующихся в верхних оболочках планеты [Я.В. Федорин, 1991; и др.]. Градиентный характер теплового поля Земли на этой стадии аккреции определил особенности разогрева Земли на ранней стадии ее геологического развития – разогрев от поверхности по направлению к центру [Е.В. Шарков, О.А. Богатиков, 2003] и связь тектономагматических процессов с подъемом плюмов, зарождавшихся в «магматическом океане». На следующей стадии (позднее 2,2–2,0 млрд лет) происходил подъем плюмов более глубинного зарождения (на грани границе ядро – мантия). Образование нижнемантийных плюмов было инициировано расплавлением ядра в его внешней части.

МАНТИЙНЫЙ ДИАПИРИЗМ И ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ПОЛЕЙ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ И РУДНОМАГМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ В ПЕРСИДСКО-КАВКАЗСКОМ СЕГМЕНТЕ

М.И. Рустамов

Институт геологии НАН Азербайджан AZ 1143, Баку, просп. Г. Джавида, 29А
E-mail: rustamov-muxtar@rambler.ru

During collision period as a result of plumbtectonics magmatic field with oremagmatic systems and flange fields of oil and gas bearing sedimentary basins form simultaneously.

Персидско-Кавказский сегмент Средиземноморского пояса (СЗП) на рубеже маастрихта–палеоцена вступает в коллизионный период позднеальпийского тектогенеза после окончательного закрытия океанических бассейнов Мезотетиса, стабилизации (в течение 18–20 Ма) геодинамических и тектонических процессов, а также затухания мелового цикла магматизма и повсеместного прекращения отложений карбонатов верхнего сенона в остаточных прогибах (1). Компрессионная геодинамика между континентами Евразии и Африке в СЗП ярко выражается в наиболее проницаемых еще не «окрепших» зонах сопряжения дуга-плита и дуга-дуга между внутренними плитами на мягком (раннем) этапе коллизии. Компрессионная обстановка развития Персидско-Кавказского сегмента (ПКС) нами объясняется глобальной геодинамической полярностью в эволюции земли. При этом для ПКС и в целом СЗП существенное значение имеют кайнозойские события и процессы в Атлантическом и Индийском океанах. Они фиксируются началом ускоренного темпа спрединга в СОХ и их продольным проникновением в материковые области, что способствовало сближению Африке и Евразии при противоположном вращательном их дрейфе в северном направлении в Земной сфере. В результате развития СОХ были отделены континенты Австралия от Антарктиды, Балтика от Гренландии и др.

Самым интересным геодинамическим событием для ПКС является проникновение Индийского СОХ к западному флангу трансформного линеамента Оуэн в Африке в области Аденского залива и с позднего эоцена развитие Красноморского рифта. Синхронно с формированием Аденского спредингового хребта почти параллельно последнему в палеоцен-эоцене возникает Оманский залив с океанической корой и разобщаются офиолиты Оманских покровов и Макрана вследствие высокого темпа диапиризма разуплотненной мантии или же «сухого спрединга» по В.Е. Хаину (4). Здесь глубинным геодинамическим и плюмтотоническим процессам способствовала приуроченность мантийного диапиризма к зоне мобильной границы между разломом Оуэн и Оманской ветвью Урало-Оманского линеамента. К западу от последнего в ПКС в обстановке коллизии происходит структурно-геодинамическая дифференциация с довольно резко различным геотектоническим развитием. Таковыми являются центральное **магматическое поле** с проявлением многоэтапной вулканоплутонической ассоциации палеогенового магматического цикла и арзального наземного вулканического цикла неоген-квартера и его фланговые **амагматические поля** осадочных бассейнов вдоль мегавпадин Черноморско-Южнокаспийской и Терско-Каспийской

на севере и Месопотамско-Персидской на юге (рис. 1). Они отчетливо вырисовываются в современной тектонике. Важно отметить, что локальные межгорные грубокрасноцветные и эвапоритовые молассовые прогибы в пределах магматического поля не имеют продолжительного развития и причленяются к коллизионным поднятиям суши в связи с зарождением зрелой коры альпинидов.

Судя по событиям и процессам в ПКС и в целом СЗП можно констатировать, что в коллизионный период в глобальном масштабе вследствие плюмтектоники происходили формирование и перемещение разуплотненной мантии и интенсивный тепломас-сапоток. Очевидно наиболее интенсивно проявленные прерывисто-непрерывные глубинные процессы в том числе диапиризм разуплотненной мантии соответствуют позднеальпийским тектоническим фазам. В обстановке компрессии при вращательных движениях внутренних литосферных плит доминировали сдвиговые перемещения и местами их блоков, по трем системам обновленных глубинных разломов (кавказский, антикавказский, меридиональный), но главным образом по простиранию остаточных синформных структур, трассирующих сутуры офиолитов. (1, 2, 3). Нами доказано, что вдоль последних в магматическом поле ПКС в связи с мантийным диапиризмом в палеоцене, синхронно с таковыми в Аденском и Оманском заливах, формируются цепи рифтогенных прогибов флишевых отложений (до 1800–2500 м) с дистальной и проксимальной фацией, а также их песчанистыми и глинистыми циклами седиментации. Они обычно перекрывают неавтохтонную карбонатную толщу верхнего сенона, трассирующую в остаточных синформах окончательное закрытие Мезотетиса. Цикличность флиша очевидно обусловлена темпами глубинных процессов и рифтогенеза. Флишевая седиментация завершается проявлением магматизма и формируются протяженные Малокавказ-Центральноиранский (< 250 км), Тальш-Альборский (< 1500 км), Дорунейский (750 км) и др. вулcano-плутонические пояса (ВПП) шириною 60–110 км. В формировании вулcano-плутонических ассоциаций эоцена этапы интенсивного вулканизма предшествуют отложению вулканогенно-осадочной толщи преимущественно с туфогенно-флишеидной фацией. При этом на каждом этапе палеогенового цикла магматизма проявление вулканизма начинается в обстановке растяжения и последовательно сменяется сжатием, что выражается изменением динамики вулканизма (трещинный, трещинно-центральный, центральный), петрофонда (до дацит-риолитового ряда), а также формированием периферических очагов и конседиментационных поднятий. В нарастающей обстановке компрессии внедряются комагматические интрузии. В отличие от мягкого коллизионного на жестком (среднем) этапе коллизии в обстановке интенсивной компрессии в связи с заложением Красноморского рифта и вклиниванием Аравийской плиты в ПКС освобождаются от морского бассейна вулcano-плутонические пояса, возникает линейная складчатость с внедрением наиболее продуктивных гранитоидов в областях сосредоточенного магматизма. Примечательно, то что изотопное соотношение стронция и содержание когеретных элементов в порфириовидных гранитоидах свидетельствуют о мантийнокоровом происхождении интрузивных очагов магмогенерации в коре, так как в процессе последней не прерывалась связь с мантийными тепломассопотоками. Причинно-следственные факторы полиэтапности геодинамической и тектономагматической эволюции ВПП рассматриваются в докладе. В период затишья магматизма и отложения туфогенных флишеидов эоцена в ВПП глубинные процессы способствуют преобразованию границ динамических поверхностей в коре

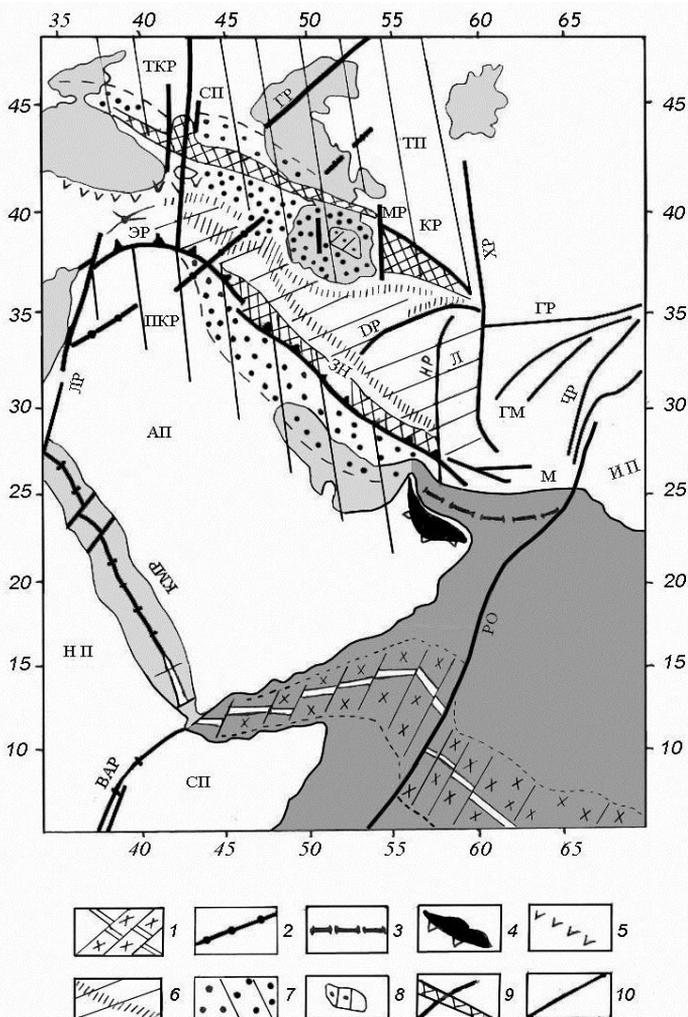


Рис. 1. Схема корреляции геодинамических процессов коллизионного периода распространения магматического поля и фланговых амагматических осадочных бассейнов

1 – СОХ Индийского океана в кайнозое; 2 – внутриконтинентальный рифтогенез – Красноморский (КМР) и Восточный Африканский (ВАР) рифты; 3 – направление раскола сухого спрединга в процессе формирования океанической коры с чехлом терригенных осадков мощных течений (P_1^3-Q) и глубоководных карбонатов с грубокластическими осадками (P_2^2-Q); 4 – позднемеловые офиолитовые покровы Ховашин и Семайл над автохтонными известняками (Р и K_2 см); 5 – Понтийско-Аджаро-Триалетский ВПП палеогена Черноморского сегмента; 6 – коллизионное магматическое поле и системы ВПП палеогена с рудномагматическими системами; 7 – амагматическое поле и синкомпрессионные прогибы с перманентным погружением (P_1-Q) и нефтегазосными системами; 8 – относительно устойчивые глыбы; 9 – синколлизийные поднятия складчатых систем; 10 – линейменты и глубинные разломы. **Буквами обозначены:** СП, ТП – Скифская и Туранская плиты Евразийского континента; ИП – Индийская плита; АП, НП, СР – Аравийская, Нубийская, Самалийская плиты Афроаравийского континента. **Разломы:** ХР, НР – Харирудская, Нейбанская, Оманская ветви Урало-Оманского линеймента, ТКР – Транскавказский, ЛР – Ливантский, РО – Оуэнский, ЧР – Чаманский, ДР – Дорунейский, МР – Мессерианский, КР – Предкопетдагский, ЗН – Загросский надвиг, ПК – Пальмиро-Абшерон-Казахстанский, ГВ – Гурьевский, ГР – Герирудский; ГМ – Гельмендский массив Афганского сегмента

и между корой и мантией. В связи с этим нарастает мощность «базальтового» слоя и потому в строении зрелой континентальной коры (до 55 км) фиксируется существенная разница в мощности базальтового слоя (до 30–35 км) ВПП и мезозойских островных дуг. Литосфера приращенных плит магматического поля со зрелой корой на хрупком (позднем) этапе коллизии, согласно кинематики плит раскалывается периодически обновленными вышеуказанными тремя системами глубинных разломов, вмещающих центры наземного многоэтапного вулканизма неоген-квартера.

Приведенные некоторые принципиальные положения коллизионной геодинамики магматического поля очевидно присущи и амагматическим полям синкомпрессионных осадочных бассейнов, в соответствии с тектоническими фазами складчатости. Особенно отчетливо фиксируются в осадочных бассейнах последнее и переменная геодинамическая обстановка растяжения и сжатия на каждом этапе формирования структурно-вещественных комплексов, выделяемых по литофации отложений. Поэтому в палеоцене синхронно с заложением и развитием флишевых трогов магматического поля начинается новый седиментационный цикл и перманентное погружение Куринско-Закаспийской и Месопотамско-Персидской мегавпадин, являющихся крупными нефтегазоносными провинциями мира.

В Южнокаспийской впадине, как структурно-тектоническая единица Куринско-Закаспийской мегавпадины, максимальная мощность осадочного чехла и периоды провального погружения приурочены к новообразованным трем прогибам (Южный Гобустан-Абшерон-Челекенский, Центральный Южнокаспийский и Закаспийский) вдоль зоны глубинных разломов близширотного и меридионального направлений на границе структуры дна различного геодинамического типа. В результате закономерной взаимосвязи процессов тепломассопотоков, поглощения коры на динамической кора-мантийной границе, степень резургенции коры и большая мощность отложений определили нефтегазогенерацию и формирование месторождений в нефтегазоносных системах. В этих процессах поступление тепломассопотоков подтверждается наличием в осадочном чехле плотных черных глин и толщи с повышенной радиоактивностью. Резургентная кора местами с маломощным (2–4 км) гранитным слоем (массив Година, Бакинский архипелаг) по сейсмическим параметрам несколько схожа с базальтовой корой и поэтому, вопреки укоренившимся представлениям, не следует причислять ее к реликтам океанической коры Мезотетиса.

Таким образом, в коллизионный период эволюции ПКС в результате мантийного диапиризма и тепломассопотоков происходят контрастные процессы конструкции и деструкции коры и соответственно структурно-геодинамическая дифференциация с обособлением центрального магматического поля и амагматических фланговых зон осадочных бассейнов. В коллизионном режиме континента Евразии и Аравийской плиты согласно региональной геодинамической полярности и гравитации магматическое поле со зрелой корой и рудномагматическими системами превращается в поднятия и суши, а в синхронных фланговых зонах формируются синкомпрессионные мегавпадины с нефтегазоносными системами.

В работе (Rustamov 1, Рустамов 5) на основе комплексных данных доказывается глубинно-флюидное происхождение нефти и газа в нефтегазоносных системах осадочных бассейнов различного геодинамического типа.

Литература

1. *Рустамов М.И.* Южнокаспийский бассейн – геодинамические события и процессы. Баку: Nafta-Press, 2005. 344 с.
2. *Рустамов М.И.* Новые данные об эволюции палеогенового магматизма Малого Кавказа // Эволюция магматизма в главнейших структурах Земли. М.: Наука, 1983. С. 63-66.
3. *Рустамов М.И.* Магматические формации Араксинской зоны и задачи дальнейших исследований // Вопросы геологической петрологии Азербайджана. Баку: ЭЛМ. 1987. С. 44-64.
4. *Хаун В.Е.* О взаимосвязи процессов происходящих на границе литосферных плит // Геотектоника. 1995. № 2. С. 99-102.
5. *Rustamov M.I.* Geodynamic evolution of the Caspian basin and its oil and gas bearing system. London–Tashkent: OGU, 2002. P. 161-176.

ИЗОТОПЫ ГЕЛИЯ В ПОДЗЕМНЫХ ФЛЮИДАХ ВОСТОКА ТУВЫ И ЮГО-ЗАПАДА БАЙКАЛЬСКОЙ РИФТОВОЙ ЗОНЫ

К.М. Рычкова

¹ Учреждение Российской академии наук
Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов РАН

Extensive helium-isotope anomaly in the East of Tuva testifies to unloading of heat-flow from the mantle. Anomaly coincides with quaternary volcanism manifestation area, but it considerably exceeds by the area. To the east it is closed with similar anomaly in Baikal rifting zone. The revealed anomaly testifies to continuation of rifting processes on the territory of Tuva.

Тува является одним из наиболее активных регионов Алтае-Саянской области. Эта территория испытала неоднократные проявления вулканизма и активизацию тектонических событий. Неравнозначность геологических процессов во времени и по площади разделили территорию, имеющую сложное строение, на западную и восточную части. Восточная часть, являющаяся зоной сочленения с Байкальской рифтовой зоной, характеризуется активизацией тектономагматических событий в позднем кайнозое. Интенсивность процессов новейшего времени проявлена самыми крупными по размерам и по объемам излияниями, развитием новейших грабен и термальными источниками, выносящими разогретые подземные флюиды (рис. 1).

Нами были опробованы минеральные источники на определение изотопов гелия ($^3\text{He}/^4\text{He} = R$). Изотопы гелия минеральных флюидов являются важным критерием связи с мантией. Данные по минеральным источникам были использованы из работ [1, 2]. Отобраны пробы газа и воды из 28 источников на территории Тувы и прилегающих районов Бурятии и Горного Алтая.

Проанализировано 58 проб на изотопы гелия, неона и аргона. Анализ газовых и газосодержащих проб на изотопы гелия и другие благородные газы проводился в Лаборатории геохронологии и геохимии изотопов ГИ КНЦ РАН (г. Апатиты) к.х.н. И.Л. Каменским. Анализ отдельных проб на азот и кислород проводился в лаборатории Томска. По результатам определений изотопных отношений была определена глубинная компонента гелия графическим путем (рис. 2). Она оказалась преимущественно только в пробах Восточной Тувы. Пробы Центральной и

Западной Тувы, попавшие в знак «AIR» были исключены из дальнейшего рассмотрения, т.к. не содержали сколько-нибудь заметной глубинной компоненты, поэтому в дальнейшем рассматривалось изотопное отношение гелия в Восточной Туве. Неизменность во времени R было определено повторным опробованием двух групп источников. Это позволяет судить о региональных закономерностях в распределении этой величины [4].

Была выявлена изотопно-гелиевая аномалия на востоке Тувы, в пределах которой R изменяется от $45 \cdot 10^{-8}$ до $422 \cdot 10^{-8}$. Аномалия простирается от северо-востока Тувы на юг и продолжается далее в Монголию. Максимальные значения выявлены на восточном фланге Восточно-Тувинского вулканического нагорья (ВТЛН) и связаны с проявлениями четвертичного вулканизма. Мантийная природа аномальных R подтверждается изотопным составом стронция и неодима вулканитов ВТЛН [9]. Распределение изотопов гелия вдоль простираения двух ветвей трехлучевой системы грабенов: Тункинского и Окинского, являющихся

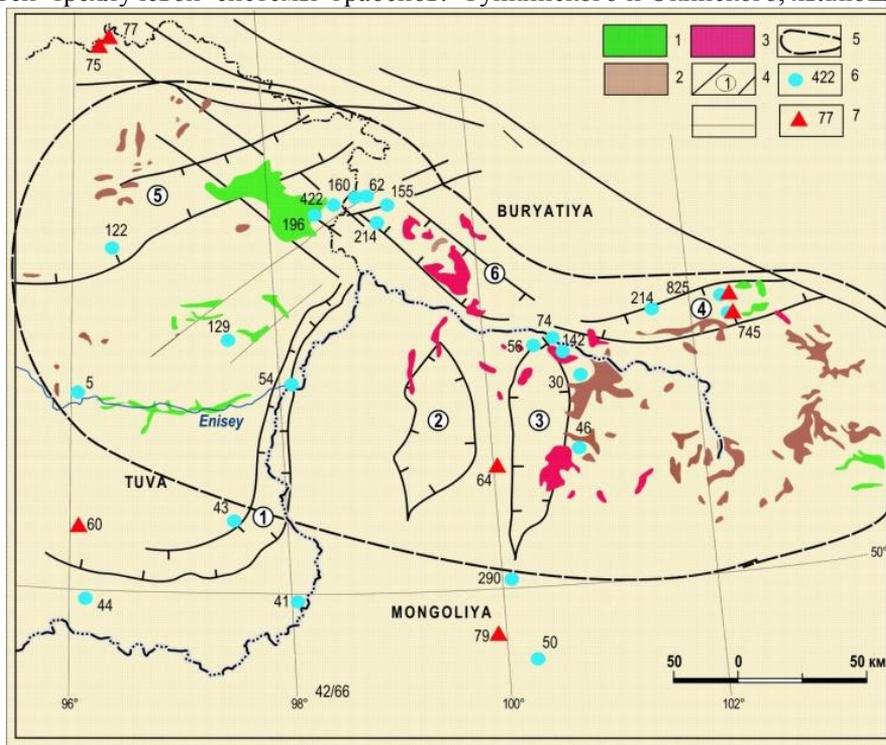


Рис. 1. Схема проявлений вулканизма [12] и изотопы гелия в подземных флюидах востока Тувы и юго-запада Байкальской рифтовой зоны.

1–3 – поля вулканитов: 1 – <2,5 млн л., 2 – 17–6 млн л., 3 – 23–17 млн л.; 4 – новейшие грабены и их номера (цифры в кружочках): 1 – Билин-Бусийнгольский, 2 – Дархатский, 3 – Хубсу-гульский, 6 – Азасский, 6 – Окинский; 5 – граница ЮБВО; 6 – источники, величина R по данным [3, 4, 7]; 7 – пункты определения теплового потока, его величина, по данным [8, 3, 10]

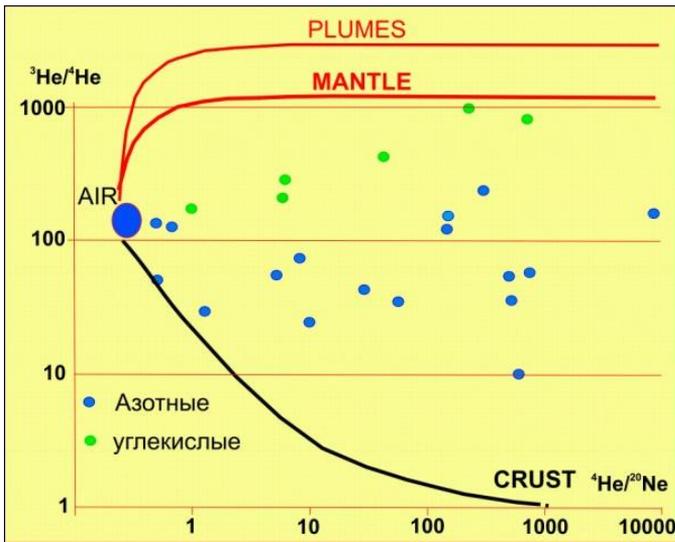


Рис 2. Распределение изотопных величин $^3\text{He}/^4\text{He}$ и $^4\text{He}/^{20}\text{Ne}$ во флюидах источников Тувы

структурной особенностью Южно-Байкальской вулканической области, неодно-родна и подтверждает установленную ранее особенность континентальных риф-тов [5]. Аномалия имеет два субмантйных разновеликих максимума, которые совпадают с проявлениями новейшего магматизма. Такая вариация R отражает неодинаковую интенсивность мантйного диапиризма в этих сегментах (их разную раскрытость) [4]. Следует отметить, что величина максимумов R не соответствует масштабам продуктов вулканизма: она меньше в районе ВТЛН и субмантйная в Тункинской впадине, где вулкаников значительно меньше. ВТЛН – краевая часть ЮБ-ВО, возможно это одна из причин такого несоответствия.

В юго-восточной части Тувы источники приурочены к субмеридиональному Билин-Бусийгольскому грабену. Грабен в центральной и южной части амагматичен. Соответственно этому наблюдается монотонное понижение R в источниках, которое прослеживается на территорию Монголии. Грабен является краевым в серии Прихусугульских впадин. Средние значения R (44×10^{-8}) ниже, чем в Хубсугульской впадине ($0,9 \times 10^{-8}$) [3, 5], в которой R коррелирует с тепловым потоком [3]. Оба грабена имеют сходство по морфологии и по истории своего развития, по высокой гидротермальной и сейсмической активности, поэтому аномалия Билин-Бусийгольского грабена есть продолжение изотопной аномалии Хубсугула. Это позволяет предполагать, что активизация и тепломассопоток обеих впадин вызваны одним и тем же глубинным источником.

Газовый состав опробованных источников по данным [1, 2] азотный, углекислый и азотно-углекислый. Наблюдается газовая зональность гидротерм в районах проявления позднекайнозойского вулканизма. Углекислые и азотно-углекислые термы находятся в районах новейшего вулканизма (Тункинская впадина и район Восточно-Тувинского лавового нагорья). Азотные термы развиты в районах среднемиоценового и миоцен-плиоценового вулканизма: (Хубсугульская впадина) и амагматичный Билин-Бусийгольский грабен.

Проведенные исследования по определению изотопов гелия в подземных флюидах позволили выделить изотопно-гелиевую аномалию на площади много большей, чем площадь откартированных здесь проявлений новейшего вулканиз-

ма. Аномалия совпадает с магматичностью, сейсмичностью, новейшими неотектоническими и горообразовательными движениями рассматриваемой зоны. Она коррелирует с высокими и повышенными значениями теплового потока как на юго-западном фланге БРЗ [3], так и на востоке Тувы. Корреляция разнородных параметров свидетельствует о наличии глубинного мантийного источника, который вызывает активизацию этого региона. Активизация совпадает с низкоскоростной сейсмической аномалией, установленной по результатам метода локальной томографии [11]. По данным GPS измерений на юго-западном фланге преобладают левосдвиговые перемещения [6]. Возможно они «зажимают», не дают раскрыться Билин-Бусийнгольскому рифту и этим объясняется амагматичность грабена.

Исследование поддержано грантом РФФИ 05-05-97225р-байкал-а, интеграционными проектами СО РАН (2006—2008 гг.) 87, 88.

Литература

1. Минеральные воды южной части Восточной Сибири. Т. I / Под общ. ред. В.Г. Ткачук, Н.И. Толстихина. М.: Изд-во АН СССР, 1962. С. 126-133.
2. Пиннекер Е.В. Минеральные воды Тувы. Кызыл: Тувинское кн. изд-во, 1968. С. 3-105.
3. Лысак С.В., Писарский Б.И. Оценка теплового потока по изотопам гелия а газовом составе подземных вод Байкальской рифтовой зоны и окружающих районов // Вулканология и сейсмология. 1999. №3. С. 45-53.
4. Поляк Б.Г. Изотопы гелия в подземных флюидах Байкальского рифта и его обрамления (к геодинамике континентального рифтогенеза) // Российский журнал наук о Земле. 2000. Т. 2. №2. С. 1-21.
5. Поляк Б.П. Спрединг и рифтогенез – изотопно-гелиевая специфика // Геотектоника. 2004. №6. С. 19-32.
6. Парфеевец А.В., Саньков В.А. Напряженное состояние земной коры и геодинамика юго-западной части Байкальской рифтовой системы. Новосибирск: Академическое изд-во «ГЕО», 2006. 151 с.
7. Рычкова К.М., Дучков А.Д., Лебедев В.И., Каменский И.Л. Изотопы гелия в подземных источниках Восточной Тувы // Докл. Академии Наук. 2007. Т. 417. № 36. С. 814-817.
8. Соколова Л.С., Дучков А.Д. Новые данные по тепловому потоку ряда районов Алтае-Саянской области // Геология и геофизика. 2008. Т. 49. №12. С. 1248-1261.
9. Сугоракова А.М., Ярмолюк В.В., Лебедев В.И. Кайнозойский вулканизм Тувы. Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2003. С. 6-90.
10. Хуторской М.Д. Геотермия Центрально-Азиатского складчатого пояса. М.: Изд-во РУДН, 1996.
11. Яковлев А.В., Кулаков И.Ю., Тычков С.А. Глубина Мохо и трехмерная структура сейсмических аномалий земной коры и верхней мантии по данным локальной томографии // Геология и геофизика. 2007. Т. 48 (2). С. 261-282.

КОЭФФИЦИЕНТЫ ВАН КРЕВЕЛЕНА И ЛЕЙФМАНА– ВАССОЕВИЧА И ИХ ПОВЕДЕНИЕ ПРИ КАТАГЕНЕЗЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА УГЛЕЙ

С.В. Рябинкин

Институт геологии КНЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

The coal material is a quite complicated mixture of organic and mineral components. The formation of the material composition depends on the original material, conditions of its accumulation and biochemical metamorphosis. The interesting feature of such formation can be related to the coefficient of Leifman-Vassoevich, as the coking properties show a direct proportional dependency with that coefficient.

Петрология органического вещества углей (и более конкретно изучение спекаемости) – сравнительно юная наука: она ровесница прошлого (двадцатого) столетия. Спекаемость углей отражает важные технологические и классификационные характеристики угольного органического вещества.

Для характеристики спекаемости (или коксуетости) – способности органического угольного вещества при термохимических превращениях (без доступа воздуха) формировать из отдельных зерен сплавленный или спекшийся твердый остаток, употребляются различные характеристики: метод Рога, dilatометрические показатели (метод Одибера–Орну), индекс свободного вспучивания, тип кокса по Грей–Кингу и так далее.

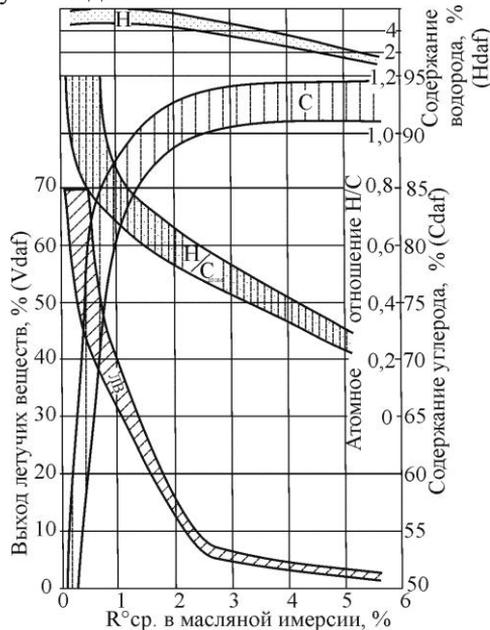


Рис. 1. Зависимость между отражательной способностью витритрита и химическими характеристиками степени метаморфизма (по М.Тайхмюллер [5]).

ЛВ – летучие вещества, $R^{\circ}_{ср.}$ – средняя отражательная способность витритрита в масляной иммерсии

В Советском Союзе и в бывших странах – членах СЭВ для угольного органического вещества основным показателем для хорошо спекающегося угля является, предложенный в 1932 Л.М. Сапожниковым и Л.П. Базилевич, толщина пластического слоя (пластометрический метод определения). Разнообразие форм и методов изучения спекаемости в разных странах послужило одним из противоречий определения качества углей.

Изучение генезиса углей, их катагенетических изменений и физико-химических свойств являются основой любой классификации. Между различными физико-химическими показателями качества угольного органического вещества существуют различные взаимоотношения, часто довольно непредсказуемые (рис. 1).

Взаимосвязь между содержанием основных углеобразующих элементов (углерод, водород, кислород, азот, сера и, частично, фосфор) и технологическими свойствами углей (особенно это касается коксующихся параметров!) очень сложна и не всегда понятна. Для более детального и полного анализа в работе [2] была предложена диаграмма атомных отношений Н/С и О/С, которая была прорывом в классификации гумусовых углей (и не только!).

В настоящем докладе предпримем еще одну попытку охарактеризовать эту взаимосвязь. При этом будем исходить из того факта, что существует единый процесс изменения угля, в котором (на наш взгляд) искусственно выделяются два фактора – генерация углефикационных флюидов (с одной стороны) и физико-химические изменения, протекающие в угольном органическом веществе (с другой стороны) [3]. Для того, чтобы достаточно четко охарактеризовать эту взаимосвязь, будем исходить из оценки выхода остаточного угольного органического вещества как среднего **геометрического** (а не среднего **арифметического**!) значения двух минимальных величин: массы убыли по воде ($Mn2o$), с одной сторо-

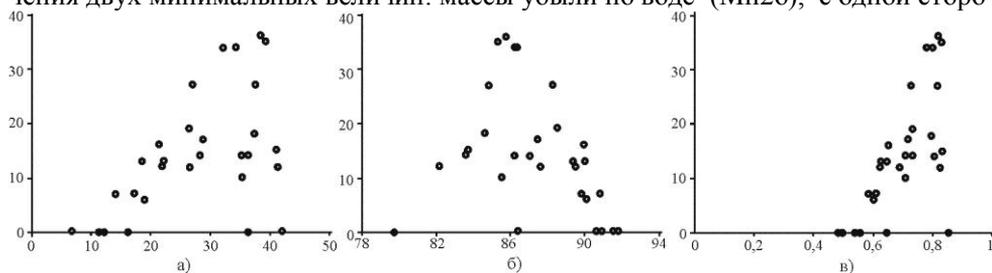


Рис. 2. Взаимосвязь толщины пластического слоя и выхода летучих веществ (а), содержания углерода (б) и коэффициента Лейфмана–Вассоевича (в). Примечание: построено по материалам [1]

ны, и массы убыли по углекислому газу ($Mco2$) в одном случае {или массы убыли по метану ($Mcn4$) в другом случае}, с другой стороны. Коэффициент Лейфмана–Вассоевича наглядно отражает это изменение.

Если мы рассмотрим толщину пластического слоя для угольного органического вещества Кузнецкого бассейна [1], то увидим достаточно характерный результат, выражающийся в дугообразном возвышении зависимости толщины пластического слоя с одной стороны, и выхода летучих продуктов с другой стороны или содержания углерода с третьей стороны. Все это было известно и ранее.

Но, если мы посмотрим как ведет себя та же толщина пластического слоя по отношению к значениям коэффициента Лейфмана–Вассоевича [4], то мы увидим

достаточно хороший результат, выражающийся в прямом пропорциональном выражении $y=mx+n$.

Литература

1. Атлас верхнепалеозойских углей Кузнецкого бассейна / А.Б. Травин, Э.М. Сендерзон, В.П. Шорин и др. Новосибирск: Наука, 1966. 368 с.
2. Ван-Кравелен Д.В., Шуер Ж. Наука об угле. М.: Госгортехиздат, 1960. 303 с.
3. Левенштейн М.Л. О генетических закономерностях изменения качества углей в Донецком бассейне // Геология месторождений угля и горючих сланцев СССР. Т. 1. М.: Госгортехиздат, 1963. С. 348-405.
4. Лейфман И.Е. Графостатистический анализ мацералов углей по атомным соотношениям водорода // Химия твердого топлива. 1988. № 4. С. 9-17.
5. Teichmuller M. Anwendung kohlenpetrographischer Methoden bei der Erdol- und Erdgasprospektion // Erdol und Kohle. 1971. Bd. 24. S. 69-71.

ЛИТОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ПРОЯВЛЕНИЯ ГЛУБИННЫХ ТЕКТОНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ (НА ПРИМЕРЕ ВИЗЕЙСКОГО КОМПЛЕКСА ПЕЧОРСКОГО БАСЕЙНА)

Н.Н. Рябинкина, Ю.С. Симакова

Институт геологии Коми научный центр Уральского отделения (ИГ КНЦ УрО) РАН,
Сыктывкар, Россия; ryabinkina@geo.komisc.ru

The event of the Early Carboniferous volcanism in the sections of the eastern margin of the European Platform is most vividly expressed on the Devonian-Carboniferous boundary, further it is fading. The evidence of the pyroclastic mineral association in the section testifies to the Early Visean volcanic activity on the given territory.

Проявление раннекаменноугольного вулканизма в разрезах восточной окраины Европейской платформы наиболее ярко выражено на границе девона-карбона, затем отмечается его затухание. Региональные движения на границе девонского и каменноугольного периодов, а затем и в конце турнейского – начале визейского веков вызвали осушение значительной территории Печорского бассейна. Исследования последних лет [1] доказывают, что формирование раннекаменноугольных магматических комплексов Палеоурала происходило в условиях общего растяжения, наложенного на коллаж разнородных террейнов, среди которых преобладали континентальные и островодужные. В минеральной ассоциации терригенного нижневизейского комплекса на территории Европейской платформы вулканических проявлений не отмечалось. Глинистые минералы аргиллитов и цемента песчаников платформенных разрезов представлены преимущественно иллитом и каолинитом кор выветривания. Большая часть окраинноплитных разрезов нижнего визе Печорского седиментационного бассейна (СБ) смята в складки или перекрыта надвиговой зоной Урала [6], что затрудняет их изучение.

Сероцветная песчано-глинистая формация (фалаховая по А.И.Елисееву) ранневизейского возраста на большей части территории бассейна отличается незначительными (20–200 м) мощностями [3]. Лишь на востоке бассейна, в пределах

впадин прогиба, где она представлена толщей переслаивания кварцевых песчаников, алевролитов и аргиллитов с подчиненными прослоями углей и углистых пород, а также редкими прослоями детритовых известняков, её мощность достигает 500 м. Степень преобразования пород нижнего визе изменяется от протокатагенеза (ПК₂₋₃) до средней стадии метакатагенеза (МК₂₋₃), увеличиваясь с запада на восток в сторону Предуральского краевого прогиба. В восточных разрезах Предуральского краевого прогиба по рекам Кожим, Подчерем, В. Сочь в минералогической ассоциации глин впервые были выделены пиррофиллит и хлорит, достигающий до 30 % глинистой массы. Этот факт, ранее не отмечающийся для данного комплекса пород, может быть объяснен как за счет появления нового источника вулканического материала: образованию хлорита и пиррофиллита мог способствовать разрыв долеритовых интрузий, развитых поблизости, либо проявление разновозрастного вулканизма, так и за счет метаморфических преобразований пород. В складчатой зоне Западного Урала, вблизи с рассматриваемыми разрезами, девонские и силурийские отложения прорваны дайками диабазов и долеритов позднедевонско-раннекаменноугольного возраста.

В стратотипическом разрезе р. Кожим вулканиты описывались в пограничном разрезе девона и карбона [2], тогда как в отложениях кожимского надгоризонта нижнего визе глинистая фракция представлена преимущественно иллитом и каолинитом с небольшой долей хлорита. Что же касается метаморфизма складчатой зоны западного склона Урала, то породы нижнего карбона преобразованы в ней до грации МК₂₋₃ [4].

Основными минеральными индикаторами измененных пирокластических пород служат минералы групп монтмориллонита и пиррофиллита, а также железистый хлорит, смектит, каолинит, аутигенный кремнезем и самородные металлы (Ni, Fe-Ni-Cu). Согласно многочисленным исследованиям [5] пиррофиллит является относительно высокотемпературным минералом. Образуется он в вулканогенно-осадочных толщах, как правило, под действием гидротермальных флюидов, связанных с близкорасположенными интрузиями, либо при метаморфическом преобразовании пород (поздний диагенез-катагенез). Отмечено также [9], что наличие органического вещества может способствовать образованию и стабильности пиррофиллита, контролируя содержание щелочных элементов в породе или окислительно-восстановительное состояние среды. Появление таких минералов-индикаторов в осадочных породах нижневизейского комплекса, привлекло наше внимание и заставило более подробно рассмотреть породы этого возраста в пределах Западного склона Приполярного (р. Кожим) и Северного (р. Подчерем) Урала.

Кроме основных глинистых минералов (иллита, пиррофиллита и каолинита) в верхней части разреза по р. Подчерем диагностируются и смешанослойные минералы, в т.ч. иллит/пиррофиллит и хлорит/пиррофиллит, ниже они практически исчезают, так же как и полевые шпаты. Наличие подобных смешанослойных образований может указывать на то, что хлорит, иллит и другие силикаты могли быть прекурсорами (строительным материалом) для каолинита и пиррофиллита. Максимальное количество пиррофиллита приурочено к песчаникам в основании циклов, кроме того, следует отметить тесную взаимозависимость содержания кварца, каолинита и пиррофиллита. В разрезах же, не содержащих пиррофиллит (р. Кожим, Приполярный Урал), исходные минеральные фазы глинистой фракции, по-видимому также являются пирокластическим материалом и обогащены Sr, Ba, Ti. Исходными слоистыми силикатами являются в значительной степени изме-

ненные хлорит и иллит, присутствующие в относительно небольшом количестве. По ним, в свою очередь, образовались разнообразные неупорядоченные смешанослойные фазы с разбухающими слоями. Дальнейшая переработка глинистых минералов нижневизейских пород привела к образованию в них небольшого количества аутигенного каолинита. Отмечается проявление новообразованного кварца внутри каолинитизированных зерен, а в отдельных порах присутствие самородного железа и пленок оксида титана, что характерно для вулканогенно-осадочных образований.

Таким образом, пиррофиллит не является в нижневизейской толще генетически чужеродным (детритовым), а потому не может рассматриваться как осадочный компонент, но в то же время он не может трактоваться в них и как продукт классического метаморфизма. По результатам проведенных литолого-геохимических исследований можно говорить, что породы восточных разрезов нижневизейского комплекса Печорского бассейна являются вулканогенно-осадочными и достигли минеральной зрелости за счет неоднократного переотложения, а пирокластита в данной толще имеет «закамуфлированный» характер. Появление пиррофиллита в терригенной толще Западного склона Урала, вероятно, вызвано преобразованием пирокластического материала, содержащегося в ней, в результате дополнительного прогрева пород при образовании более молодых даек. Наличие новообразованного кварца, самородного железа и пленок оксида титана подтверждают вулканическое происхождение данной минеральной ассоциации.

Положение пирокластической минеральной ассоциации в разрезе позволяет говорить о ранневизейской вулканической активности на данной территории.

Литература

1. Вулканизм переходного этапа от позднедевонской островной дуги к раннекаменноугольным рифтам на Южном Урале / Н.В. Правикова, Е.А. Матвеева, Ал.В. Тевелев, А.Б. Веймарн, А.В. Рудакова // Вестник Моск. Ун-та. Сер. 4, Геология. 2008. №6. С. 8-15.
2. Геохимия опорных разрезов нижнего карбона и перми на р.Кожым / Я.Э. Юдович, Т.В. Майдль, Г.И. Андреев и др. // Литология и геохимия палеозойских формаций севера Урала и Пай-Хоя. Сыктывкар, 1979. С. 3-36. (Тр. Ин-та геологии Коми фил. АН СССР; Вып. 28).
3. *Елисеев А.И.* Формации зон ограничения северо-востока Европейской платформы (поздний девон и карбон). Л.: Наука, 1978. 192 с.
4. *Рябинкина Н.Н.* Условия формирования и перспективы нефтегазоносности визейского терригенного комплекса Печорского бассейна. Екатеринбург: УрО РАН, 2006. 104 с.
5. *Рябинкина Н.Н., Симакова Ю.С.* Минеральные индикаторы палеовулканизма в терригенных разрезах нижнего карбона севера Предуральяского прогиба // Литология и геохимия осадочных формаций Тимано-Уральского региона. № 7 (Тр. Ин-та геол. Коми НЦ УрО РАН; Вып. 124). Сыктывкар, 2009. С. 59-70.

РОЛЬ ГЛУБИННЫХ ФЛЮИДОВ В ОБРАЗОВАНИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ В КОЛЛЕКТОРАХ ФУНДАМЕНТА

¹ Ю.В. Савиных, ² А.Е. Лукин, ³ В.В. Донцов

¹ ИХН СО РАН, г. Томск пр. Академический, 5, Россия, yu-sav2007@yandex.ru

² ЧО УкрГГРИ, г. Чернигов, ул. Щорса, 8, Украина, ukrnigri@mail.cn.ua

³ МГУ, ГФ, ГСП-1, Ленинские горы, 1, Москва, Россия, donval08@rambler.ru

The comparison of biogenic so and endogenic factors genesis oils of the fractured basement oilfield White Tiger is resulted. Collection all data allows to present the mechanism of the formation to oils as polyfactorial process of the interaction organic matter sedimentary deposit with deep methane-hydrogen injection both in zone submersion and in rising break.

Проблема промышленной нефтегазоносности кристаллического фундамента осадочно-породных бассейнов связана с отсутствием аргументированного обоснования основных очагов генерации УВ, определения условий и времени (длительности) процессов формирования залежей УВ, механизма образования коллекторов. В 1988 году в трещиноватых гранитоидах мезозойского фундамента Кылулонгской впадины (Южно-китайское море) было открыто уникальное нефтяное месторождение Белый Тигр. Оно имеет доказанную толщину более 1600 м и объем нефтенасыщенных гранитоидов 88,2 млрд м³.

Для рассмотрения путей генезиса нефти в трещиновато-кавернозном фундаменте необходимо привлечь результаты ряда исследований, проведенных на месторождении Белый Тигр.

1. Геофизическими методами определено наличие разломов, проходящих по зонам состыковки пород разного типа. Разломы прослеживаются в кристаллическом фундаменте и осадочном чехле вплоть до голоцена.

2. В гранитоидах присутствуют газовые включения, содержащие компоненты, отсутствующие в газе нефтей: водород, этилен, пропилен наряду с метаном и его гомологами (табл.). Общее количество газо-жидкостных включений колеблется от 5 до 100 см³/кг породы. При этом даже в выведенных на поверхность гранитных обнажениях содержание водорода составляет 14 см³/кг, что свидетельствует о непроницаемости пузырьковых включений.

Таблица. Состав газов, извлеченных из пород фундамента методом механического размола в вакууме

H ₂	CH ₄	C ₂ ÷C ₄	C ₅ ÷C ₆	Олефин C ₂ -C ₃
Интервал значений, см ³ /г				
Среднее				
2-20	2-70	0,2-25	0,1-17	0,01-0,12
10	20	5	3	0,03

3. В кристаллических породах фундамента по стенкам разноориентированных трещин и сколов обнаружены многочисленные «сажистые примазки», содержащие дисперсные самородно-металлические частицы (ДСМЧ). Содержание некоторых самородных металлов (Fe, Cu, Zn, Pb и др.) в отдельных пробах столь велико, что их присутствие фиксируется по данным рентгеноструктурного анализа,

варьируя от 0,1–0,5 до 1–3 %. Их нано-, реже микро- и макрочастицы отмечены практически во всех изученных образцах. К их характерным особенностям относятся размерное, морфологическое и геохимическое разнообразие в сочетании с взрывным характером распыления в породах. Только взрывным распылением при вторжении высокоэнталийных флюидов в кору фундамента можно объяснить, во-первых, повсеместность распространения ДСМЧ, во-вторых, особенности их морфологии, размерное и геохимическое многообразие (в частности, сочетание химически относительно чистых самородных металлов и ДСМЧ) с широкими вариациями концентраций различных примесей, включая разнообразные интерметаллические соединения и природные сплавы.

Известно, что тектонические нарушения способствуют образованию системы вертикальных трещин, играющих роль каналов разгрузки восходящих глубинных, высокоэнергетических флюидов. При этом активно стимулируется формирование трещиноватости в гранитоидных массивах и в прилегающих к ним осадочным отложениям, обуславливая оптимальные пути оттока как для образующихся, так и для УВ, пришедших с глубинным флюидом. Наиболее позитивную роль в составе восходящих флюидов играет водород, который благодаря своей высокой теплоёмкости и подвижности проникает в толщи метасоматических и осадочных отложений, стимулируя их разогрев, приводящий к деструкции и восстановлению битумоидов и керогенов, обеспечивая их перевод в подвижную жидкую фазу. В итоге, новообразованная УВ система током метана и его высших гомологов вытесняется в область разгрузки. Следы воздействия глубинных высокоэнергетических флюидов являются микро- и макрочастицы восстановленных металлов на поверхности трещин гранитов, а состав этих флюидов может соответствовать составу газов в вакуолях гранита.

Обобщая эти данные можно предположить, что заполнение резервуаров м/р Белый Тигр шло по веерным разрывным нарушениям, причем резервуар фундамента вследствие разрывно-кессонного эффекта заполнялся нефтью, генерированной в олигоценых отложениях. Поэтому нефти фундамента и олигоцена имеют генетическое единство и близкие параметры геохимических коэффициентов. Глубинный флюид, по разрывным нарушениям достигший вышележащих отложений миоцена, имеет меньшую температуру и содержание водорода, вследствие чего уменьшается эффективность гидрокрекинга РОВ в этих отложениях. Это приводит к повышенному содержанию смол и асфальтенов в нефтях из миоценовых отложений, меньшим значением газового фактора.

Новый подход к оценке условий и механизма формирования «нетрадиционных» залежей нефти и газа, связанных с кристаллическими породами фундамента, позволяет говорить о вероятном сочетании как биогенного, так и, несомненно, эндогенного факторов нефтидогенеза. Кроме того, имеющиеся данные по строению залежи фундамента и составу нефтей, по характеру их эволюции, включая динамику изменения газовой составляющей месторождения Белый Тигр, свидетельствуют о тесной связи нефтидогенеза и нефтегазоаккумуляции во времени и пространстве, спонтанно протекающих в скоротечном режиме.

Таким образом, все вышеизложенное свидетельствует о сложном многофазном характере нефтидогенеза и о наличии самых разнообразных нефтидогенерирующих систем, т.е. таких породных субстратов (от твердоуглеродистых и газовой-жидких «капсулированных» УВ до классических «доманикоидов»), которые при тесном взаимодействии с восходящим потоком глубинных флюидов могут

обеспечить лавинообразную генерацию УВ и синхронное формирование их залежей.

В целом, все нефти, обнаруженные в фундаментах осадочных бассейнов различных регионов планеты, могут иметь единый или близкий генетический источник. Это подтверждается пока единичными примерами сходства состава на молекулярном уровне и величинами физико-химических параметров флюидов из кристаллических фундаментов м/р Белый Тигр, Южно-Татарского свода, Западно-Сибирского региона.

МУМИЕНОСНОСТЬ АЛТАЕ-САЯНО-ХАНГАЙСКОГО КОНТИНЕНТАЛЬНОГО СВОДА И ХАРАКТЕРИСТИКА РУД

М.И. Савиных¹, О.В. Серебrenникова², Л.Н. Фролова³

¹НПФ Сибдальмумие, Новокузнецк (E-mail: bragjun@zaoproxy.ru)

²Институт химии нефти СО РАН, Томск (E-mail: ovs@ipc.tsc.ru)

³ФГУ «Федеральный научный клинико-экспериментальный центр традиционных методов диагностики и лечения МЗ СР РФ», Москва (E-mail: fln1966@yandex.ru)

MUMIJO-BERING ALTAI-SAYAN-KHANGAI CONTINENTAL ARCH AND CHARACTER OF MUMIJO-ORES

Mumijo-bering Altai-Sayan-Khangai continental arch a dozen developing mumijo-bering dome-shaped raisings in near diameter 30–300 km, combined by the diversified rocks is shown and described: from friable to lithify sedimentary, metamorphosed rocks and potassium volcanic-magmatic embryo in kernels, from Modern to Proterozoic age. The geologo-geochemical description of mumijo-ores is given.

Мумиеносность Алтае-Саяно-Хангайского континентального свода (АСХКС), огромный размер которого свидетельствует о формировании над областью аномальной мантии с пониженной плотностью и повышенной температурой (Центрально-Азиатский суперплюм), обособляется на гранито-гнейсовых куполах диаметрами 30–300 км. Руды мумие имеют современный возраст и обнаруживаются в горных ловушках в самых разных по составу и возрасту вмещающих горных породах: от докембрийских гнейсов до современных рыхлых отложений. А именно.

Альбаганский купол, включающий «шарикоподшипниками» все нижеперечисленные, занимает всю российскую площадь АСХКС, охватывая к юго-юго-западу территории Восточного Казахстана, Северного Китая и к востоку – Прибайкалья, замыкаясь через Хубсугул в Юго-Западной Монголии. В геологическом строении купола видно ступенчато-концентрическое развитие его по выступам древних кристаллических рифейских пород в Чульчинском, Телецко-Чульшманском и Терехтинском горстах на внешнем концентре из мелких горстов. В малодоступной ядерной части купола залегают массивы (Абаканский, Чейбаккульский, Кулашский, Язулинский, Бугузунский), залегание которых трассирует Курайскую, Чульшманскую и Шапшальскую зоны прогрессивного метаморфизма. Особен-

ностью купола является наличие благоприятного вещественно-энергетического потока через кислую среду калиеносных магматогенов (плюмов).

Сарлыкский, Белухинский, Оюмский (все – Горный Алтай), *Аршанский, Ерлэгулинский, Алтанулгийулинский* (все – Монголия), *Барлыкский, Кызыльский* (оба – Тува), *Западносаянский, Хамсаринский* (Восточный Саян), купола, имеют концентрическое строение, одинаковый набор калиеносных кислых гранитоидов в ядрах. Намечены недоизученные мумиеносные участки: *Прихубсугульский, Баянхонгор, Забайкальские*.

Ресурсы возобновляемых руд мумие составляют не менее 500 тонн.

Пылеватая субстанция в форме желтовато-серого порошка поступает неперiodически, накапливается слоями толщиной 1–2 мм/год и метеосадками смывается коллоидными водно-минеральными аминокислотными литофагиальными растворами в горные ловушки. Типы руд: массивные смолисто-черные, оолитоидные пористые, слоистые, скорлуповатые, копролитовые, войлочные бурые массы первичного окисленного и вторичного мумие различной морфологии – жильный, сталактит-сталагмитовый, шаровидный, лепешковидный, гроздьевидный типы, пленками, каплями, примазками, бесформенными кучами.

В рудах макроскопически видны разноцветные агрегаты водных оксидов, хлоридов, сульфатов, карбонатов – Na, K (до 12 %), Fe, Mn, Cu, Ca, P и др. К примеру, галит (*NaCl*), сильвин (*KCl*), арканит (*K₂SO₄*). Из органических минералов – незначительные (1–2 %), трудносохраняемые, бесцветные или желтовато-зеленые, обычно вазелиноподобные, примазки гатчетита.

Понятно, на геохимический состав руд мумие определенно влияет включение аквабитумной массой самых разнообразных по петросоставу обломков вмещающих горных пород и остатков растительности, привносимой литофагами А именно. По содержаниям превышают кларки Mg, Ca, K, P, S, N, Mn, C. Из микроэлементов это – Cu и Zn, а также Ag, Mo, V, As (не ≥ 0.0005 %), Hg (не ≥ 0.03 г/т), не обнаружены W, Cd, In, Ti, Ta, Se. Установлены Th, Hf, Cs, Sb, Rb, Br, La, Ce, Ne, Sm, Eu, Tb, Lu.

Сложна типизация компонентов органической части: С группируется с углеводородной составляющей ($Bb_{бенз.}$) и породами, водород же тяготеет к N и сере S, образуя группы аммония и сульфатов. Наблюдается вертикальная зональность: чем выше в горы, тем чище руды от растительности и меньше бензольного битумоида (Bb от 2 до 10 %).

Содержание водорастворимых компонентов варьирует от 45 % до 71 %. Выход гидрофобных битуминозных компонентов, выделенных после удаления водорастворимых, не превышает 1,6 %. Руды содержат ациклические насыщенные углеводороды – алканы нормального и изопреноидного строения. Основными в смеси n-алканов являются высокомолекулярные гомологи с нечетным числом атомов углерода в молекулах. Наличие в смеси алканов изопреноидов пристана (П) и фитана (Ф), а также величины изопреноидного коэффициента (K_i) указывают на неоднородность органического вещества и поступление некоторого количества углеводородных флюидов из возможно более древних, катагенетически преобразованных отложений, максимальное на площадях Горного Алтая. Низкие, в большинстве меньше 1, величины отношения П/Ф свидетельствуют о восстановительных условиях генерации этих флюидов. А резкое преобладание высокомолекулярных n-алканов с нечетным числом атомов углерода в молекулах и, соответственно, высокий коэффициент нечетности (CPI) указывают на основной источник этих соединений – наземные растения и на отсутствие термического воздействия на захо-

роненное в осадке органическое вещество. Величина изопреноидного коэффициента (K_i) находится в границах, характерных для большинства нефтей.

Наряду с ациклическими углеводородами, в подчиненном количестве присутствуют углеводороды терпанового ряда (гопаны), этиловые эфиры жирных кислот, би-, три- и тетрациклические ароматические углеводороды. Углеводороды ряда гопана, характеризующиеся одинаковой полициклической системой, различаются длиной алкильного заместителя (X). В мумии гопаны представлены рядом C_{27} – C_{33} с преобладанием C_{30} гопана. В составе гопанов экстракта зафиксированы только $17\alpha H, 21\beta H$ структуры, биологические $\beta\beta$ гопаны не обнаружены. Кроме того, наличие C_{32} и C_{33} гомогопанов, характерное только для зрелых нефтяных систем, преобладание среди C_{32} гомогопанов $22S$ над продуцированным биологическими системами $22R$ изомером свидетельствует о наличии в рудах мумии нефтяной составляющей. Аналогичный вывод следует и из особенностей распределения присутствующих в экстракте ароматических углеводородов. Невысокое содержание в смеси ароматических УВ фенантронов, обычно доминирующих в современных осадках, высокое содержание метилнафталинов, находящихся в большинстве разновидностей современных осадков в следовых количествах указывает на их глубинное происхождение. Рассчитанная по содержанию отдельных представителей фенантронов условная отражательная способность витринита отвечает существенному термическому преобразованию органического вещества, стадии катагенеза МКЗ. Состав эфиров жирных кислот также близок наблюдаемому в нефтях. Имеющиеся данные о составе ароматических углеводородов и гопанов позволяют говорить о наличии зрелой нефтяной составляющей в органическом веществе руд мумии. Не противоречит этому и состав эфиров жирных кислот, но в составе n -алканов доминирующая роль все-таки принадлежит производным современной флоры.

Общая картина распределения химических элементов и компонентов сохраняется и при водном обогащении руд до Экстракта Мумие Сухого (ЭМС). Однако увеличиваются содержания газообразных (п.п.п., CO_2), Al_2O_3 , SiO_2 , P_2O_5 , Fe_2O_3 , микроэлементов Ti , Tl , Mn , Zr , V , Cu , Y и др. Но многие из них снижают свои концентрации за пределы чувствительности анализов.

Озоление ЭМС при температуре 400 – 500 °С приводит к потере массы в пределах 30 %, что в основном составляет органическую часть, а наибольшее количество массы (до 60 %) приходится на неорганические элементы водорастворимой части руды: S – $60,7\%$ от первоначальной массы в руде, N – $51,6$ %; H – 38 ; C – $37,6$; K – $35,5$; Mo – 35 ; а также P – $9,4$ %; Mg – $5,9$; Ca – $3,9$; Cu – $1,1$ %. Такие же элементы породно-минеральной группы как V – 17 %, Si – $3,8$; Na – $2,5$; Ti – $0,8$; Al – $0,1$ % проникают, видимо, в ЭМС в тонковзвешенной минеральной форме через фильтр, причем, вероятнее всего, в алюмосиликатной форме, попросту – в форме глинистых частиц. Все остальные компоненты экстрагивно существуют в сульфатной форме, на что указывают корреляции S с Cu , Mo , Si , Na , K , отчасти – с Al , K^k , CO_2 . На гидратную форму существования микроэлементов указывают корреляционные связи влаги (W^a) и водного выхода (V_v) с Zr , P , N , CO_2 ; на ионную – связи H с Mg , Ca , K , K^k , CO_2 , N . На соединения с карбоксилатами (аминокислотами) указывают связи водного выхода (V_v) и K^k с Ca , P , CO_2 , Cu , S , N . Причем меньшая компактность спектра связей в ЭМС указывает на большую рассеянность физико-химических форм.

Из фармакологических характеристик следует, что относительно руды экстракты статистически значимо (при 5 % уровне) обогащаются углеводами в 1,8 раза, гигроскопичность их увеличивается в 1,3 раза. Не изменяется лишь показатель антиоксидантности A_n . Как и для других характеристик ЭМС, собственно фармакологическим свойственна более высокая, чем в рудах, степень рассеяния (кроме W^a и A_n). По тем же фармакологическим данным [13] колебания в содержании углерода составляют от 34,72 до 51,05%, водорода – от 4,57 до 5,55%, азота – от 4,74 до 7,13%, серы – от 0,37 до 1,19%. Колебания в содержании цинка составляют (в мг/г) от $1,73 \cdot 10^{-3}$ до $4,52 \cdot 10^{-3}$, железа от $0,25 \cdot 10^{-3}$ до $24,06 \cdot 10^{-3}$, меди от $0,09 \cdot 10^{-3}$ до $0,25 \cdot 10^{-3}$, марганца от $13,08 \cdot 10^{-3}$ до $29,79 \cdot 10^{-3}$, магния от 1,95 до 21,38, калия от 46,81 до 63,07. Содержание свинца не превышает (в мг/г) $0,5 \cdot 10^{-3}$, кадмия – $0,05 \cdot 10^{-3}$, стронция – 0,05, цезия – 0,02. Показана специфичность для ЭМС спектров флуоресценции, характеризующихся: возбуждением в пределах длин волн $272 \pm 0,2$ нм, 330–370 нм, 300–310 нм, испусканием в пределах длин волн $301 \pm 0,2$ нм, $450 \pm 0,2$ нм, $430 \pm 0,2$ нм.

Изучение белкового, нуклеинового, жирнокислотного, аминокислотного и элементного составов, спектральных характеристик ЭМС показало, что в водорастворимой фракции белкового содержимого находится менее 0,05 %, содержание нуклеозидов составляет 2,0–14,1 нМ.

Жирнокислотный состав ЭМС представлен 20-ю кислотами (ундекановая, лауриновая олеиновая и др.), содержание которых в исследуемых образцах составляет 0,01–0,40 % в пересчете на сухое вещество, суммарное содержание полиненасыщенных жирных кислот колеблется от 10,74 до 59,58 %, а насыщенных – от 40,42 до 90,96 % от суммы всех жирных кислот, суммарное содержание свободных аминокислот составляет от 0,03 до 3,55 % в пересчете на сухое вещество, из них незаменимых содержится от 1,19 до 54,72 % от суммы всех аминокислот.

Доминирующими аминокислотами в ЭМС являются глицин и глутаминовая кислота. Их суммарное содержание колеблется от 26,03 до 99,78 % от суммы всех аминокислот. На долю глутаминовой кислоты и глицина в сумме всех свободных аминокислот приходится, соответственно, 0,02–19,96 % и 6,07–99,75 %.

Установлено сходство спектров УФ-, ИК- и флуоресценции водорастворимой фракции.

Присутствие большого количества жизненно важных химических элементов и таких биологически активных веществ, как жирные и аминокислоты, вероятно, и обеспечивает широкий спектр фармакологической активности препаратов мумие. Химический состав ЭМС может быть использован лишь в специфике геологических характеристик руд и степени очистки препарата.

Интересной для мумиеведения нефтеминералогической особенностью АСХКС является то, что по низкогорной периферии его известны месторождения высокопарафинистых типичных углеводородов: нефти и битумов. А именно. На северо-восточной половине Западносаянского купола изучены более 100 проявлений битумов и месторождений нефти. Имеются признаки нефтеносности северной окраины Кызыльского купола в Туве. Нефтеносность установлена и с южной стороны АСХКС – в Монголии: Дорнодское, Дзунбаянское и Тамсагское месторождения на сравнительно небольших глубинах в 700–1000 и 2200–3000 м. Открыто нефтегазовое месторождение в районе оз. Зайсан. В Джунгарской впадине Китая давно известно крупное нефтегазовое месторождение Каратай.

Выводы. Мумиеносность всего Алтае-Саяно-Хангайского континентального свода скорее всего обязана изначально с нуклеарных времён дегазации части Центрально-Азиатского суперплюма через современное тектоническое решето развивающихся купольно-кольцевых поднятий. Руды мумие являются смесью экзоматериала (литофагиальные продукты, остатки растительности, обломки вмещающих горных пород) на смолоподобном цементе из водно-окисленных газо-пылевых сульфатных калиево-фосфорно-молибденово-медных эксгалаций, содержащих глубинную зрелую нефтяную составляющую из ароматических углеводородов, метилнафталинов, жирных кислот. К внешнему периметру АСХКС наблюдается площадная зональность в виде смены полей мумие на поля нефтяных битумов и асфальтов; вертикальную же зональность углеводородных продуктов дегазации показывают аквабитумы – мумие, видимо, над «нефтяным зеркалом» из месторождений нефти и газа с глубин в 2200 м.

ВОРОНЕЖСКАЯ АНТЕКЛИЗА: НОВЫЕ ГЕОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ СВИДЕТЕЛЬСТВА РЕЦЕНТНОГО ГЛУБИННОГО ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА

А.Д. Савко, Л.Т. Шевырёв

394006 Воронеж, Университетская площадь, 1, Воронежский госуниверситет

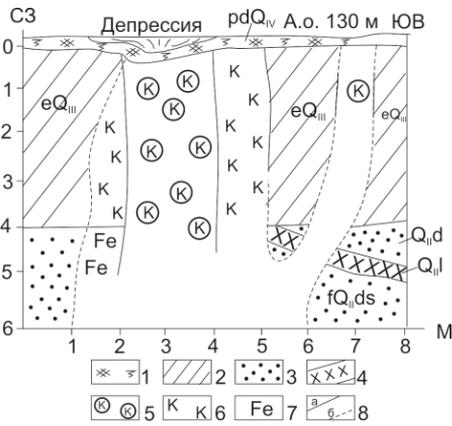
In the crystalline basement of the Voronezh anteclise the Precambrian metalliferous intrusive bodies of different composition are wide-spread. Among these objects the basites-ultrabasites ones are notable after the specific ductility, high penetrability, and ability to supply the higher levels of the sedimentary mantle with the specific elements (base and precious metals etc.). The latter could be realized thanks to the ascending flux influence.

Относительно неглубоко залегающий (до первых сотен метров) фундамент Воронежской антеклизы содержит многочисленные интрузивные тела металлоносных базитов-ультрабазитов. Обладая повышенной склонностью к пластическим деформациям, эти объекты на юго-востоке региона образуют в рельефе фундамента положительные формы амплитудой до 30 м (массив Русская Журавка в Верхнемамонском районе Воронежской области). Так как интрузии локализованы в узлах пересечения региональных разрывов, реювенированных в фанерозое, к ним тяготеют локальные площади повышенной трещиноватости пород осадочного чехла. В особо напряженных тектонофизических обстоятельствах перед восточным обрамлением Россошанского архейского срединного массива современное «глыбовое течение масс» присуще и параграносиенитам PR_1 , что проявляется в приуроченности ряда исторических землетрясений к району юго-восточней г. Павловска (купола Павловских гранитов). Кайнозойские термические явления здесь представлены появлением среди писчих мелов кальцитовых жил, трансформацией мелов в плотные известняки, возникновением на крутых контактах граносиенитов и писчих мелов сфалерит-баритовой минерализации. Последняя, по данным изучения газово-жидких включений, была оставлена в кайнозойе термальными водами с $T\ 76\ ^\circ C$.

Проведенные в НИИ геологии ВГУ минералогические и геохимические исследования показали, что наблюдаемые в приповерхностном слое на территории Воронежской антеклизы повышенные концентрации тяжелых металлов и прочих вредных для человека веществ (Hg, As, Tl, Se и др.) не всегда связаны с деятельностью предприятий или экологически не безупречной региональной агрикультурой (складирование и использование удобрений, средств защиты растений и т.д.). В определенной части они имеют естественное происхождение, являясь результатом современной флюидной активности недр. В такой связи большой интерес представляет впервые описываемый выход термального палеоисточника у юго-западной окраины д. Голёвка, 6 км ниже г. Эртиль Воронежской области по р. Большой Эртиль (рисунок). Здесь в северной стенке песчаного карьера четвертичная толща содержит два столбообразных субвертикальных тела белых интенсивно карбонатизированных пород, находящихся в ореоле умеренной карбонатизации. Другим типом наложенных изменений является интенсивное ожелезнение. Первый тип преобразований характерен для кирпичных суглинков Q_{III} , второй – для подстилающих песков fQ_{ds} . На современной дневной поверхности выходу

измененных пород соответствует небольшое понижение рельефа урочища Пар-

Рис. Соотношения гидротермалитов карбонатной и железистой фаций рецентного Голёвского источника у г. Эртиль, Воронежская область. 1 – современная почва (около 2 тыс. лет); 2 – покровные суглинки (около 25 тыс. лет); 3 – пески $fQ_{I,ds}$ и $aQ_{II,d}$ (около 400–200 тыс. лет); 4 – ископаемая почва на палеосклоне pdQ_{II} ; 5–7 – гидротермалиты, в т.ч.: 5 – железистая фация, 6 – то же, ожелезненные пески, 7 – карбонатная фация; 8 – геологические границы, в т.ч.: а – наблюдавшиеся, б – предполагаемые



емые

шиновка, сокращенные мощности почвенно-растительного слоя, белесого, с пониженным содержанием гумуса. Научной группой НИИ геологии ВГУ геохимические характеристики разреза изучены в трех пересечениях. Спектральным полуколичественным анализом в 19 пробах определены содержания основных 29 химических элементов, сопоставленные с кларками их распределения в земной коре (таблица).

Как видно по данным таблицы, измененные породы в различных фациях в разной степени обогащены Ni, Co, Cu, Cr, Pb, V, Zr, Sn, Ba, Ag.

Кроме того, в некоторых образцах существенно больше по сравнению с кларковыми значениями: Ti (до 0,63%), Hf (23,5 г/т против кларковых 3 г/т), Sc (21,5 г/т против 14 г/т), Yb (7,85 г/т при кларке 3,4 г/т), Ga (65,8 г/т и 17 г/т), Cd (0,63 г/т и 0,13 г/т). Обнаружены следы W, Bi, As. Измененные породы заметно обогащены Au. Этот металл определен в содержаниях 0,0175 г/т в шести из 19 проб. При этом в наиболее богатой Ag (1 г/т) пробе ожелезненных песков $fQ_{I,ds}$ Au отсутствует.

Для установление генезиса измененных пород Голёвки большое значение имеют присутствие Cr, Ni, Cu, Co (особенно хрома, признанного индикатора глубинности). Все эти металлы являются обычными компонентами интрузий базитов-ультрабазитов нижнего докембрия региона. Именно такое тело было обнаружено скважинами 889 и 949 АГО Воронежгеология на глубине около 400 м в исследованном районе.

Таблица

Содержания некоторых показательных элементов в рецентных гидротермалитах Голёвского источника. Спектральный полуколичественный анализ, в 10⁻³% (в скобках кларки, по К.Г. Ведеполу), Ag и Au в г/т. 1 – железистая фация (пески превращены в песчаник с железистым цементом), 2 – то же, ожелезненные пески, 3 – карбонатная фация (суглинки Q_{III} нацело замещены карбонатами); 4 – то же (карбонатизированные суглинки Q_{III}), 5 – ископаемая почва.

	Ni	Co	Cu	Mo	Cr	Pb	V	Zr	Sn	Ba	Ag	Au
1	10 (4,4)	5,08 (1,2)	1,25 (3)	10,11 (0,1)	14,57 (7)	3,6 (1,5)	28,3 (9,5)	48,4 (16)	0,46 (0,3)	102,92 (59)	0,460 (0,06)	0,0175 (0,004)
2	15,9	3,79	4,76	0,32	53,52	3,6	14,8	70,7	0,29	181,71	1	0
3	1,59	2,82	0,13	0,69	3,97	3,6	4,05	33,17	0,08	181,71	0,022	0
4	6,32	12,3	11,6	0,69	14,57	1,17	14,8	70,71	0,19	136,76	0,02	0
5	1	5,08	1,25	0,32	7,6	3,6	5,6	15,56	0,46	181,71	0,02	0

О термальном характере восходящих вод свидетельствует высокое содержание бария, в несколько раз превосходящее кларковые значения. Как известно, сульфат этого металла (именно в этом качестве по данным химического анализа металл присутствует в породах) считается соединением практически нерастворимым (2 мг/л при T = 18 °С). Вероятно, температура восходящих вод (как и в случае с упомянутыми выше баритами Шкурлатовского месторождения гранитов на юго-востоке Воронежской области) здесь не была ниже 70–80 °С. О недавнем возрасте активного проявления Голёвского термального палеоисточника свидетельствуют связанные с ним изменения состава и облика слоя покровного чернозема, возраст которого в крае не превышает 2 тыс. лет.

На металлогенических и тектонических схемах Н.М. Чернышова, Г.И. Раскатова, В.Ф. Лукьянова в районе г. Эртиль указаны субмеридиональные зоны разрывов, уходящие к северу в районы Липецкой области. Изучение Голёвского объекта позволяет предположить, что контрастные гидрохимические аномалии никеля и меди в подземных водах (и колодцах) юго-востока Липецкой области (Новочеркутино, Пушкино), о которых сообщал В.А. Ляпин (ПГО Липецкгеология), имеют не антропогенное, но глубинное происхождение. Их появление связано с поступлением вод и флюидов из пород фундамента Эртильской металлогенической зоны со специализацией на Au, Ni, Cu и т.д. Иногда там за современным процессом контаминации поверхностных отложений подобным глубинным веществом в этом районе Липецкой области можно наблюдать непосредственно. Так, нами описано возникновение в толще песков гидронамыва на пойме р. Плавица за два-три года пласта конгломератов с марказитовым цементом и появление над ним тонкого ртутистого золота.

Около 100 рентгеноспектральных анализов золотин из четвертичных и более древних толщ позволили обнаружить в них большое количество различных при-

месей (МПГ до 17,279 %, Pb до 10,811 %, Zr до 4,344 % и т.д.), но главное, – высокие содержания летучих (Hg до 13,098 %, Tl до 18,914 %, Sb до 1,335 %, As до 1,764 %, Te до 0,851 %). Выявлены и природные сплавы-интерметаллиды, основу которых составляют Cu, Zn, иногда Ag (до 24,27 %). В отдельных проявлениях Россошанского листа (обнажение 2600, скв. 22а) их концентрации достигают 20 г/м³. Вмещающие породы обычно слагают базальные горизонты крупных осадочных ритмов и обладают повышенной сорбционной способностью (песчано-гравийные, с примесью глины, породы, глауконититы, бентониты). Эти породы являются классическими геохимическими барьерами с выраженными эпигенетическими изменениями – ожелезнением, омарганцеванием, сульфидизацией. Во вмещающих породах обнаруживаются те же химические компоненты, что и в интерметаллидах, в частности, Sb (сотые доли %), As (до 0,3 %). Сформулирована концепция становления залежей золота в осадочном чехле, предусматривающая участие современной флюидной проработки приразломных участков фундамента и осадочного чехла; мобилизации металлов летучими; сгруживания их на приповерхностных уровнях в пределах барьеров-ловушек.

Важно исследовать сами факты современного поступления рудных химических элементов из недр по глубинным разломам. В результате изучения более 300 проб (спектральный анализ выполнен в лаборатории ЦНИГРИ) на 48 элементов, в приповерхностной части осадочного чехла ЦЧЭР околтурены многочисленные площади, породы которых содержат высокие концентрации летучих, некоторых малых металлов и таких индикаторов как Ni, Cr, Cu. Именно современные эндогенные причины обусловили непригодность по свинцу использования в качестве подкормки животных псичих мелов гигантского Павловского гранитного карьера. Хорошо известны аномалии радона и гелия на отдельных участках долины Дона у г. Лиски (глубинные разломы Репьевка-Лиски-Давыдовка и Лосевско-Мамонский). Таким образом, естественный фактор никак не может быть удален из наших оценок современного геохимического состояния окружающей среды.

ОБМЕН ВЕЩЕСТВОМ МЕЖДУ БИОСФЕРОЙ И ОБОЛОЧКАМИ ЗЕМЛИ В ФАНЕРОЗОЕ

И.Ф. Савченко

675000 г. Благовещенск, пер. Релочный, 1,
Институт геологии и природопользования ДВО РАН.

It is shown in article, that the biosphere of the Earth produces annually 5,7 billion ton of organic sediments. It keeps 25 billion tons of oxygen in atmosphere and supports its composition. The mass of the organic sediments formed during Phanerozoe, is sufficient for formation 1,1· 10¹⁸ tons of coal substance, 0,4· 10¹⁸ tons of liquid and 0,8· 10¹⁸ tons of gaseous hydrocarbons.

Фотосинтез органического вещества из углекислого газа и воды осуществляется растениями с помощью хлорофилла, позволяющего использовать энергию солнечного излучения для диссоциации воды.

Принято считать, что фотосинтезирующие организмы появились на Земле около 1,5 млрд. лет назад [1]. Бурное развитие растительного покрова Земли относится к началу кембрийского периода палеозойской эры. Органические остатки растений на континентах могли накапливаться в виде многометровых толщ торфа палеоболот, а так же в рассеянном виде, как примесь к минеральным осадкам. В океанах и морях фотосинтетическая деятельность водорослей, фитопланктона и пикопланктона ограничивалась, как и сейчас, толщиной воды до 150 метров, т.е. глубиной проникновения света. По данным В.В. Полевого [1] в океанах ежегодно продуцируется 60–70 млрд тонн сухого органического вещества. Это позволяет насыщать кислородом толщу воды более 50 метров глубиной. Ежегодная эмиссия фотосинтетического кислорода в океаны составляет 64,0–75,5 млрд тонн. В окраинных морях, площадь которых равна 83 млн км² [2], кроме того накапливаются органические вещества, поступающие со стоком впадающих в них рек. Объем стока достигает 37000 км³ в год. Содержание органического вещества по [3] равно в среднем 40 мг/м³, а годовой сток органики в окраинные моря равен 1,5 млрд тонн.

В океанической биосфере существуют многоуровневые трофические связи. Консументы и редуценты оставляют 1–10 % первичной продукции. При 5 % торфизма на 1 км² акватории океана отлагается 9,5 тонн органики в год. В окраинных морях к этой массе следует добавить 18 тонн органики стока – всего 27,5 т/км² акватории.

Формирование осадков органической массы на континентах можно рассчитывать, используя принцип актуализма. Известно, например, что болота в настоящее время занимают площадь 6,5 млн км² [4], прирост торфяников в среднем равен 0,57 мм в год [5]. Ежегодный объем прироста торфа равен 3,7 км³, в котором содержится около 350 млн тонн органического вещества.

Можно предположить, что площадь болот на протяжении фанерозоя, т.е. 570 млн лет, оставалась метастабильной. По принципу актуализма можно также принять, что размер территорий седиментационных бассейнов на протяжении 570 млн лет оставался стабильным. Приняв площадь седиментационных бассейнов, равной 65 млн км², можно подсчитать массу рассеянной органики в осадочных породах. За величину ежегодно образуемых осадков рассеянной органики можно взять скорость накопления гумуса в почвах в голоцене, плюс денудационные отложения, т.е. 7 тонн в год на 1 км² осадочных бассейнов.

Ежегодная масса органических осадков на Земле по приведенным данным должна составлять:

- в торфяных бассейнах	– 350 млн т,
- рассеянной органики континентальных бассейнов	– 455 млн т,
- органических осадков в окраинных морях	– 2283 млн т,
- органических осадков в океанах	– 2640 млн т.
Общий вес продуцируемых осадков за год	– 5728 млн т.

По мере погребения предшествующих осадков новыми при погружении бассейнов увеличивается давление, осадочные толщи прогреваются потоком внутриземного тепла. Геологическое время, температура и давление – основные факторы метаморфизма (углефикации) органических веществ осадков. В фанерозое образование антрацитов относится к палеозойской эре, (570 млн лет назад). Каменные угли образовались в мезозое, возраст – 240 млн лет. Образование бурых углей происходило в кайнозое 70 млн лет назад. При углефикации выделяются

газообразные углеводороды (в основном метан), фракции жидких углеводородов и твердый остаток – угли разной степени метаморфизма обширного марочного состава. Для дальнейших расчетов выхода продуктов метаморфизма можно воспользоваться данными результатов пиролиза торфа при различных температурах [6] и принять следующие показатели выходов по стадиям углефикации (табл. 1).

Таблица 1

Выход продуктов при углефикации органики

Стадии углефикации в фанерозое	Выход масс. % от исходных осадков		
	уголь	жидкие углеводороды	газообразные
1. Полуантрацит и антрацит (палеозой).	32	19	27
2. Каменноугольная стадия (мезозой).	45	14	23
3. Буроугольная стадия (кайнозой).	65	7	10,5

Иной путь метаморфизма органических осадков морей и океанов. Он связан с особенностями преобразования органической массы в морской воде в анаэробных условиях. Клетчатка в отсутствие кислорода подвергается метановому брожению, из 1 т клетчатки получается 296 кг метана (415 м³). Содержание клетчатки в морских осадках достигается 20–30 %.

Таблица 2.

Поступление и метаморфизм органических осадков на континентах, морях и океанах за время, начиная с кембрия

Эры фанерозоя, области осадконакопления	Длительность, млн лет	Геологический возраст, млн лет	Годовое поступление органических осадков, млн лет	Поступление в течение эры, 10 ¹⁵ т.	Выход горючих, 10 ¹⁵ т		
					Уголь, антрацит и др.	Жидкие углеводороды	Газообразные: CH ₄ , C _n H _m , и др.
1. Палеозойская эра	330	570	5728	1890,2	501,1	297,4	518,7
2. Мезозойская эра	170	240	5728	973,8	362,9	112,9	237,3
3. Кайнозойская эра	70	70	5728	401,0	215,7	23,6	56,1
Всего за 570 млн лет, в том числе:				3265,0	1079,7	433,9	812,1
Органика болот				199,5	79,7	32,0	49,9
Рассеян. органика				259,3	103,5	42,0	61,6
Осадков морей				1301,4	415,7	166,9	325,4
Осадков океанов				1504,8	480,8	193,0	375,2

Метан брожения частью дегазируется в атмосферу, частью сорбируется органическими остатками, которые опускаются на дно, где могут образовываться газогидраты. Дальнейший путь метаморфизма органических осадков морей и океа-

нов следует рассмотреть согласно преобладающих концепций и гипотез в строении и развитии Земли.

По гипотезе базификации [7] окраинные моря могут заполняться осадками, затем дно их может вздыматься. На акватории бассейнов следует ожидать такое же направление метаморфизма, как и в осадочных бассейнах суши. Таким способом могут образовываться толщи угленосных сланцев, выделяться жидкие углеводороды и газ. Пути миграции жидких продуктов и газа зависят от сложения и состава пород, перекрывающих органические осадки.

По гипотезе тектоники плит [8] донные осадки морей и океанов могут вовлекаться в процесс субдукции, опускаться под материки на глубину до 600 км и нагреваться до температур верхней мантии. Продукты термического разложения органического вещества должны искать пути выхода на дневную поверхность из области зоны Беньюфа в направлении разломов, окраин континентальных щитов, морского шельфа, субокеанических областей. В таблице 2 приведены расчетные величины массы органических осадков и выход продуктов метаморфизма в палеозое, мезозое и кайнозое.

Биосфера Земли произвела, начиная с Кембрия, не менее $15,05 \cdot 10^{17}$ т органических осадков, из которых образовалось $4,4 \cdot 10^{17}$ т жидких углеводородов и $8,1 \times 10^{17}$ т углеводородных газов. Основными производителями кислорода атмосферы являются болота суши, моря и океаны. Ежегодное образование осадков 5,7 млрд т позволяет сохранять в атмосфере 25 млрд т кислорода, что сохраняет её состав. Примечательно, что океаны дали Земле жизнь и дают жить обывателям и топливным компаниям.

Литература

1. Полевой В.В. Физиология растений. М.: Высшая школа, 1989. С. 117-123.
2. Физические величины. Справочник / Под ред. И.С. Григорьева и Е.З. Мейлихова. М.: Энергоиздат, 1991. С. 1180-1196.
3. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т.18. Вып. 2. Нижний Амур / Под ред. А.П. Муранова. Л.: Гидрометеорологическое изд-во, 1970. С. 579-591.
4. Торфяные ресурсы мира. Справочник / Под ред. А.С. Оленина. М.: Наука, 1988. С. 7-21.
5. Нейштатт М.И. Стратиграфия торфяных месторождений в свете данных абсолютного возраста // Природа болот и методы их исследований. Л.: Наука, 1967. 291 с.
6. Справочник по торфу / Под ред. А.В. Лазарева и С.С. Корчунова. М.: Наука, 1982. С. 543-548.
7. Власов Г.М. Тихий океан: Итоги глубоководного бурения и тектоника плит, некоторые геологические проблемы // Тихоокеанская геология. 1994. № 25. С. 3-16.
8. Жарков В.Н. Внутреннее строение Земли и планет. М.: Наука, 1983. С. 208-306.

О РЕАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ПЛАНЕТЫ ЗЕМЛЯ

Ф.С. Садиков

Институт сейсмологии АН РУз, Ташкент, Узбекистан, tashkent@seismo.org.uz

In article some paradoxes of the Earth are take place, which was impossible to explain at all on the base of a classical model of the hard Earth. To explain these paradoxes is offered the real model of the planet Earth.

Процесс развития науки случаен и хаотичен, он настолько подвержен влиянию моды и страстей, насколько следует из логики и измерений. Аргументы часто игнорируются, точки зрения искажаются, одновременно выдвигаются различные контраргументы, так что исследования расщепляются, чтобы никогда больше не сомкнуться; теории, как и результаты экспериментов, забываются. Их находят ошибочными в этом году, признают верными в следующем и отвергают без аргументов ещё через год. И все же, несмотря на весь этот хаос, мы медленно познаем мир. Такое познание, далекое от холодного, рационального, логического исследования, представляет собой не просто лучший из возможных для нас путей – это единственный путь (Фишер Д. Рождение Земли, 1990).

Планета Земля представляет собой единое целое космическое тело. Однако на практике исследователи рассматривают только лишь так называемую «твёрдую» Землю вне связей с её гидросферой, атмосферой, ионосферой, магнитосферой и с космическим пространством. Изучать эти оболочки планеты Земля в отрыве от твёрдой Земли нельзя. Ведь в образовании и развитии гидросферы, атмосферы, ионосферы, магнитосферы так называемая твёрдая Земля принимала и непрерывно продолжает принимать активное непосредственное участие.

Различные сферы Земли в отдельности исследовались и исследуются различными специалистами, но совместное исследование всех сфер Земли с её ядром воедино с одной точки зрения до настоящего времени ещё никем не проводилось. Возможно, поэтому вопрос о взаимосвязи различных сфер Земли с её ядром до сих пор ни в одной опубликованной работе не затрагивался и оставался открытым. Такое обстоятельство сложилось в науке вследствие традиционного изложения материала о Земле, последнее к настоящему времени стало неприемлемым в связи с развитием научных представлений о ближнем и дальнем космосе. Кроме всего этого, совсем недавно в науке появились неожиданные и поразительные факты, идеи и теоретические построения, которые трудно объяснить с точки зрения классических гипотез.

В 1929 г. специалист по ядерной физике из Данцига Фриц Хоутерманс и английский астроном Роберт Аткинсон применили созданную американцем (русского происхождения) Джорджем Гамовым теорию искусственной радиоактивности к термоядерным реакциям и пришли к выводу, что эти реакции могут быть источником энергии Солнца, а десятилетием позже (тогда немецкий, а теперь американский) физик Ганс Бете детально рассмотрел виды реакций, происходящих при чрезвычайно высоких температурах в ядрах звёзд. В их основе лежит превращение четырех ядер водорода в одно ядро гелия. Масса ядра гелия несколько меньше массы четырех ядер водорода, и это различие масс приводит к высвобождению энергии в соответствии с соотношением $E = mc^2$ (Фишер Д., 1990).

Цель настоящей статьи – исследование всех оболочек Земли во взаимосвязи с её ядром, а затем на базе этого исследования, если будет возможно, составить новое научное представление об образовании ядра и всех оболочек Земли. И в конце разработать реальную модель планеты Земля.

Некоторые парадоксы Земли. Оболочки «твёрдой» Земли, тесно связанные с ядром, мало подвержены наружному истечению вещества, прочно удерживаемого гравитационным полем. Однако внешние жидкостно-газовые оболочки постоянно находятся в состоянии частичной отдачи разреженного вещества в ближний космос и получают встречные его потоки извне как бы в порядке взаимного обмена. Но и плотная часть планеты в ограниченных количествах выделяет в атмосферу свои газы, и в частности такой газ, как водород, ранее выделявшийся обильно (Израилев В.М. Земля – планета парадоксов, 1991).

Плотность сферической оболочки неравномерно уменьшается от ядра к поверхности Земли (Израилев В.М., 1991).

Центральное ядро Земли развивалось циклически, оно пульсировало, то расширяясь, то сжимаясь, и в конечном счете испытало общее сжатие, сопровождавшееся уменьшением радиуса ядра (Израилев В.М., 1991).

Внутреннее ядро оказывает существенное влияние на внешнее ядро, мантию и на планету в целом (Израилев В.М., 1991).

В нижней атмосфере до высоты 55 км активно развиты процессы турбулентности и перемешивания. Это неоднородные и беспокойные движения воздуха, в том числе скоростные вихревые потоки разных масштабов (Израилев В.М., 1991).

Выше 55–100 км начинает проявляться широкая диффузия. Газы приобретают стремление распределяться поинтервально, причем часть из них способна улетучиваться. Вместо азота и кислорода на первое место выходит гелий, далее гелий и водород вместе и наконец преобладает водород, что характерно для внешней плазмы. Её присутствие выше 100 км доказано методами физики. В самой удаленной части атмосферы все замещено водородом, свободно улетучивающимся в космос. Он даже образует водородную «корону». Напомним, что и на Солнце гелий вытесняется водородом (Израилев В.М., 1991).

Теоретические разработки по земному магнетизму пока не дают ответа на главный вопрос: как возникло магнитное поле Земли? Большинство физиков и геофизиков изучают отдельные аспекты, но решение проблемы в целом в настоящее время ещё не созрело (Израилев В.М., 1991).

В геологическом прошлом происходили обращения полярности магнитного поля Земли (Рикитаке Т. Предсказание землетрясений, 1979).

Обломки пород, заполняющих океанические рифты, были обнаружены советскими исследовательскими судами. Оказалось, что в них очень мало кремнезёма и много железа. Эти породы имеют темный цвет и обладают повышенной плотностью (Темко С.В. и др. Физика раскрывает тайны Земли, 1976).

Поверхность Вихерта-Гутенберга интересна также и тем, что на ней имеются источники крупных магнитных аномалий, которые наиболее четко фиксируются с искусственных спутников (Темко С.В. и др., 1976).

Средняя плотность Земли, равная $5,52 \text{ г/см}^3$, значительно превосходит плотность земной коры, которая составляет всего $2,8 \text{ г/см}^3$. Таким образом, внутренние части твёрдой Земли имеют гораздо более высокую плотность, чем её поверхностный слой. В настоящее время существуют лишь предложения относительно состава мантии и ядра (Темко С.В. и др., 1976).

Некоторые новые данные о Земле и Солнце. Гидросфера, атмосфера, ионосфера и магнитосфера Земли также представляют собой неотъемлемые части целостной системы планета Земля.

Земля образовалась в результате вихревого сжатия гигантского холодного водородного облака, произошедшего под воздействием электромагнитных сил.

Солнце, согласно результатам выполненных комплексных научных исследований, проведенных учеными мира за последние 40 лет и более, оказывается также является планетой. Не зря древние греческие философы издревле Солнце называли планетой и включали его в состав (число) планет.

Оказывается, звездой надо называть то космическое тело, которое непосредственно испускает радиальное колоссальное термоядерное излучение.

Звезда, постепенно приобретая конвективную оболочку, со временем превращается в планету. Оказывается, планета есть гаснущая звезда (Садиков Ф.С., 1991, Садиков Ф.С. и др., 1999 и 2008).

Выходит, что у каждой планеты разная степень угасания термоядерного излучения, то есть планеты различаются разной степенью угасания термоядерного излучения.

Оказывается, биологическая жизнь на планете образуется только лишь тогда, когда степень угасания её термоядерного излучения становится нормальной. Например, у Земли степень угасания её термоядерного излучения в современный период представляет собой нормальную, поэтому она есть живая планета.

Внутреннее ядро слагается из сверхуплотненных нейтральных атомов первичного водорода, внешнее ядро слагается из ядер сравнительно легких элементов, а мантия слагается из ядер всех элементов. В коре Земли ядра всех элементов, приобретая электронные оболочки, становятся атомами соответствующих элементов. При этом в подошве земной коры образуются атомы сравнительно легких элементов, в её кровле образуются атомы самых тяжелых элементов, а в середине земной коры (снизу вверх при наличии соответствующих P,T-условий) образуются атомы средних элементов. В приповерхностной части коры Земли атомы тяжелых элементов под активным воздействием экзогенных сил расщепляются сперва на атомы средних элементов, которые, в свою очередь, расщепляются на атомы сравнительно легких элементов. Атомы сравнительно легких элементов, в свою очередь, расщепляются до атомов легких элементов. Атомы легких элементов в атмосфере Земли, в свою очередь, расщепляются на атомы гелия и водорода, которые в ионосфере Земли под активным воздействием космических лучей распадаются на ионы.

Итак, химические элементы, слагающие твёрдую Землю, образовались и непрерывно образуются из нейтральных атомов первичного водорода под активным воздействием термоядерных сил. Все химические элементы, располагающиеся в приповерхностной части коры Земли и в её атмосфере, под активным воздействием экзогенных сил постепенно и непрерывно превращаются в атомы вторичного водорода. Выходит, что источником всех химических элементов твёрдой Земли является нейтральные атомы первичного водорода, располагающиеся во внутреннем ядре Земли.

Реальная модель планеты Земля. Планета Земля от центра вдоль его радиуса имеет следующее строение: внутреннее ядро, радиальная зона (внешнее ядро), конвективная зона (мантия), кора, гидросфера, атмосфера, ионосфера и магнитосфера.

Внутреннее ядро слагается из сверхуплотненных нейтральных атомов первичного водорода; Внешнее ядро слагается из ядер сравнительно легких элементов; Мантия слагается из ядер всех элементов. Кора Земли слагается снизу вверх сперва атомами сравнительно легких элементов, потом атомами средних элементов и, наконец, атомами тяжелых элементов.

Атомы всех элементов, располагающихся в приповерхностной части твёрдой Земли, под активным воздействием экзогенных сил постоянно и непрерывно расщепляются на атомы более легких элементов. В атмосфере Земли атомы легких элементов под активным воздействием экзогенных сил (космических лучей) постоянно и непрерывно превращаются в атомы вторичного водорода. В ионосфере Земли атомы вторичного водорода распадаются на ионы.

В космических условиях вышеописанная последовательность образования оболочек планеты Земля никак не может произойти в обратном порядке, так как планета Земля есть открытая система.

Выводы

1. Разработана реальная модель планеты Земля, на основе которой можно научно объяснить все парадоксы Земли, источники передвижения плит и особенности образования и развития всех оболочек Земли.

2. Источником всех химических элементов твёрдой Земли является термоядерное горение атомов первичного водорода, располагающихся в приповерхностной части внутреннего ядра Земли.

3. В недрах твёрдой Земли происходит в основном образование вещества из первичных атомов водорода, а в приповерхностной части коры Земли, гидросфере и атмосфере Земли происходит в основном распад образованного вещества до вторичных атомов водорода.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ НА СЕВЕРО- ЗАПАДНОМ ШЕЛЬФЕ ЧЕРНОГО И АКВАТОРИИ АЗОВСКОГО МОРЕЙ (неотектонический аспект)

О.В. Седлорова

Украина, г. Киев, ул. Олеся Гончара, 55-б, Научный Центр аэрокосмических исследований Земли Института геологических наук Национальной академии наук Украины

It is developed and successfully integral technique for forecasts of petroleum-promising targets on the shelf using remote sensing data takes root into the prospecting industrial organizations. Results of the structurally-geomorphological, neotectonic analysis, and also the analysis of anomalies of temperature field over gas torches are presented.

В Научном Центре аэрокосмических исследований Земли ИГН НАН Украины разработана и успешно внедряется в производственные организации комплексная методика прогнозирования нефтегазоперспективных объектов (НГПО) на

шельфе с использованием данных дистанционного зондирования Земли. Она базируется на научно-методических разработках ЦАКИЗ ИГН НАН Украины (Перерва, Лялько, Шпак и др., 1994, Лялько, Перерва и др., 1995) и объединяет новые идеи по обработке и интерпретации материалов аэрокосмических съёмок (Лялько, Попов, Федоровский, 2006, Станкевич, Седлерова, 2007, 2008).

Основной отличительной чертой данной методики является поэтапность проведения исследований. Первый этап заключается в проведении визуального контрастно-аналогового структурного дешифрирования космических изображений, как первичной обработки, так и подвергнутых различным видам преобразования. На втором этапе проводятся структурно-геоморфологические исследования рельефа дна на основе анализа батиметрической, геоморфологической карт и их превращений, на этом этапе с успехом используется цифровая модель рельефа и разнообразные преобразования данной поверхности.

Сравнительно тектонический анализ проводится на третьем этапе путем сопряженной обработки геолого-геофизических, структурно-геоморфологических и аэрокосмических данных. В автоматическом режиме методом интеграции данных дистанционного зондирования и геолого-геофизических данных (Станкевич, Седлерова, 2007) проводится анализ унаследованного развития территории. На четвертом этапе проводится определение ранга нефтегазоперспективных объектов по основным характеристикам, полученным при дешифрировании космических снимков, неотектоническом и морфометрическом анализе, структурно-тектоническим данным и нефтегазогеологическим показателям.

Выделенные при дешифрировании материалов космических съёмок шельфов Украины (северо-западный и северо-восточный шельф Черного моря, акватория Азовского моря) геодинамически активные линейные зоны явно делят изучаемые участки на блоки с разной неотектонической активностью. Проведенный структурно-геоморфологический анализ позволил установить относительную неотектоническую активность выделенных блоков. Дальнейшее сопоставление пространственного размещения уже открытых месторождений с полученными результатами неотектонической активности блоков позволяет сделать вывод о том, что наиболее благоприятными для образования ловушек углеводородов (УВ) и образования залежей УВ являются периферийные участки неотектонически активных блоков.

Одним из критериев наличия залежей УВ в породах под дном моря может быть обнаружение газовых выходов со дна моря. Газовые сипы фиксируются при гидроакустическом профилировании, в случае, если струя газа достигает поверхности моря – в видимом диапазоне космических снимков становится возможным зафиксировать вспенивание поверхности воды. При этом возникает эффект подъема более холодных вод со дна моря (в летний период), что фиксируется на космических снимках в тепловом диапазоне съемки. Разработана методика пространственно-временного анализа аномалий температуры морской поверхности (Лялько и др., 2009), которая способна выявлять устойчивые временные ряды компактных объектов температурного поля по информационным продуктам SST спутниковых систем низкого пространственного разрешения, но существенной частоты съемки.

При гидроакустическом профилировании северо-западного шельфа Черного моря (Шнюков и др., 1999) были зафиксированы газовые факелы в районе континентального склона, проявление этих факелов было подтверждено на космических снимках в тепловом диапазоне, установлена прямая зависимость между мощностью газовыделения и интенсивностью аномалии теплового поля

(Товстюк и др., 2004). Поскольку месторождения УВ в пределах границы внешнего шельфа и континентального склона на сегодня не установлены, делать выводы о корреляции газовых факелов и залежей УВ преждевременно. Наблюдается хорошая корреляция зон глубинных разломов: субширотного Североэвксинского, субмеридионального Одесско-Тальновского и северо-западных Днестровско-Самсунского и Одесско-Анкарского (Котляр и др., 2002), аномалий теплового поля космических снимков и газовых факелов, зафиксированных при гидроакустическом профилировании.

Во время проведения гидроакустического профилирования в Азовском море (Пасынков и др., 2009) был установлен газовый факел. На материалах космических съемок, имеющихся в нашем распоряжении на сегодня, данный объект не подтверждается. По данным структурно-геоморфологических исследований данный объект попадает в градиентную зону, сопоставимую с зоной геодинамической активности. Эта зона разделяет в Индоло-Кубанском прогибе блок с установленной нефтегазоносностью (Северокерченское и Северобулганакское газоконденсатные месторождения) и блок со структурами, нефтегазоносность которых еще не доказана. По геолого-геофизическим данным данная зона сопоставляется с зоной глубинного субмеридионального Волновахско-Керченского (Мариупольско-Керченского) разлома. Выявленный гидроакустическим профилированием объект находится в пределах Тимашовской ступени, этот структурно-тектонический элемент характеризуется наличием значительного количества прогнозно-перспективных объектов, еще не исследованных дистанционными методами и геофизическими работами в достаточной степени.

ЗАКОНЫ ИНФОРМАТИКИ В ПОЗНАНИИ ГЕНЕЗИСА СЛОЖНЫХ ПРИРОДНЫХ СИСТЕМ – НА ПРИМЕРЕ НЕФТИ

Р.Б. Сейфуль-Мулюков

Институт проблем информатики РАН, Москва, 11933. Вавилова 44/2, e-mail: rust@ipiran.ru

Законы информатики применены для оценки существующих гипотез происхождения нефти. Приводится расчет объёма информации исходного вещества, углеводородного газа, нефти и битума битуминозных пород. Критически рассмотрена реализуемость процессов генезиса нефти в рамках двух моделей – органической и неорганической. Жизненный цикл нефти как совокупности углеводородных последовательностей рассматривается на основе изменения её энтропии.

Informatics laws applied for evaluation of the petroleum geneses hypothesis. The calculation in bit of information of the petroleum and gas as well as their mother matter substances is executed. Critical analyses of realizability of the petroleum geneses within two existing models; organic and abiotic is considered. Petroleum life cycle is analyzed on the base of its entropy changes.

Рассматривается новый подход к оценке генезиса нефти и углеводородного глубинного газа, основанный на законах информатики. Это позволяет рассматри-

вать их как системы, оценивать состав исходного и конечного вещества процесса в битах, термодинамику процесса как изменение информационной энтропии и положение в геологической среде на основе фундаментальных законов информатики – познаваемости, простоты и необходимого разнообразия. Приводится теоретическая основа и расчет объема информации исходного вещества глубинного генезиса и органической природы, включая кероген, углеводородного газа, нефти различных месторождений, битума битуминозных пород. Полученные данные сведены в таблицу.

Таблица 1. Объем информации исходного вещества и образующихся углеводородов (по брутто формуле реальных молекул или эмпирической формуле условных)

Ювенильная модель – информационное выражение эволюции процесса			Биосферная модель – информационное выражение эволюции процесса		
Углеводород	Формула (брутто или эмпирическая условной молекулы)	Объем информац. (бит)	Исходное вещество – углеводород	Формула (брутто или эмпирическая условной молекулы)	Объем информац. (бит)
1	2	3	4	5	6
Метан	CH_4	154	Органическое вещество (РОВ)	$\text{C}_{54}\text{H}_{86}\text{O}_{10}$	8 360
Ацетилен	C_2H_2	248		Кероген (поздняя стадия)	$\text{C}_{57}\text{H}_{37}\text{ON}$
Этилен	C_2H_4	269	Нефть (легкая)	$\text{C}_{32}\text{H}_{66}\text{OSN}$	4862
Этан	C_2H_6	289	Нефть (тяжелая)	$\text{C}_{37}\text{H}_{62}\text{SN}$	5228
1	2	3	4	5	6
Пропилен	C_3H_6	403	Углеводородные газы	$\text{CH}_4 - \text{C}_4\text{H}_{10}$	2873 Сумма информ. всех газов
Пропан	C_3H_8	424			
Бутилен	C_4H_8	539			
Бутан	C_4H_{10}	547			
Нефть (легкая)	$\text{C}_{32}\text{H}_{66}\text{OSN}$	4862			
Нефть (тяжелая)	$\text{C}_{37}\text{H}_{62}\text{SN}$	5228			
Битум	$\text{C}_{45}\text{H}_{51}\text{O}_2\text{SN}$	6219	Битум	$\text{C}_{45}\text{H}_{51}\text{O}_2\text{SN}$	6219

На основе этих оценок критически рассмотрена реализуемость процессов генезиса нефти в рамках двух моделей - органической (биосферной) и неорганической (ювенильной).

Анализируется следующая последовательность процесса классического варианта биосферной модели:

накопление в морском бассейне липидных остатков живого → диагенез морского осадка обогащенного C_{org} → формирование нефтематеринской свиты и созревание в ней керогена → образование микронефти → нефть → битуминозная порода.

Последовательность процесса образования углеводородных соединений в рамках ювенильной модели принята следующая:

создание атомов углерода и водорода → образование простейших углеводородов с различной химической связью атомов углерода → образование газообразных углеводородов → каталитические преобразования углеводородов (создание углеводородных последовательностей) → нефть → битуминозная порода.

Объём информации углеводородных соединений, возникающих на каждом этапе, оценен в битах, что позволяет установить соответствие процесса каждой модели законам термодинамики и характеру изменения энтропии.

Последовательность процессов *ювенильной модели* соответствует увеличению объёма информации от простейших углеводородов, до более сложных, как результат их каталитического преобразования, до нефти и битума. Увеличение объёма информации соответствует уменьшению энтропии до микросостояния, за которым нефть начинает разрушаться.

По *биосферной модели* объём информации условной молекулы нефти по сравнению с информацией в исходном, материнском веществе наименьший, что означает синтез нефти это процесс трансформации сложного, высокоорганизованного вещества органических остатков в более простую нефть. Однако нефть не может быть более простым веществом по сравнению с исходным. Многообразие состава углеводородных и сложных гетероциклических соединений и примесей, сохранение основных физических свойств в различных геологических средах, в совокупности превосходит исходный органический материал. Это логично, ибо образование нефти из керогена означает коренную перестройку химической структуры остатков органики, их декомпозицию и разрушение существующих химических связей, и создание нового вещества, в котором пятикратно увеличивается количество углерода и многократно водорода по сравнению с исходной материей. Создание двойной и тройной валентной связи атомов углерода во вновь образующихся молекулах основных углеводородов нефти требует температуры не менее 800 °С, давления не менее 500 бар и сочетания металлических или алюмосиликатных катализаторов [3]. Подобное сочетание термодинамики и катализаторов маловероятно в ограниченной среде холодного морского осадка, на этапе его диагенеза и начальных этапах катагенетического преобразования.

Исходное вещество и кероген не могут быть более организованными, и не могут характеризоваться большим объёмом информации, чем сама нефть. Формирование и поддержание структуры такой сложной системы как нефть, требует большего объёма информации, чем содержится в исходном веществе (мертвые, в основном липидные остатки живых организмов).

Минимальная энтропия нефти соответствует высшей степени организации совокупности углеводородных последовательностей, которая наступает в определенный момент, при оптимальном соответствии химического состава нефти, всей совокупности геологических, геохимических и термодинамических и иных условий её существования в залежи. С этого момента (микросостояния) нефть как сложная, динамическая система начинает самопроизвольно увеличивать свою энтропию, т.е. разрушаться. Поэтому, нефть до палеозойского, палеозойского или мезозойского

возраста, якобы находящаяся в недрах, как сложная система, это нонсенс с точки зрения термодинамики и закономерностей изменения энтропии. Все в природе течет и изменяется, что знали еще древние греки и нефть не является исключением. Изменение энтропии заложено в неизбежной разнице её энергетического состояния на любом, произвольно выбранном, начальном и конечном моментах. Нефть не является адиабатической системой, она обменивается веществом и энергией с коллектором и водой, с которой практически всегда ассоциирована [1].

Этапы последовательности образования углеводородных соединений в рамках ювенильной модели сопряженные с показателями энергии, времени и изменения объема информации показывают, что природный процесс трансформации органических остатков в нефть в верхней зоне осадочного слоя земной коры не соответствует общим закономерностям развития материи, объема информации, энтропии и термодинамики, а следовательно не реализуем.

Одним из основных постулатов биосферной модели считаются нефтематеринские толщи выделяемые во всех нефтеносных бассейнах. Количество содержащегося в них углерода, принимаемого за $C_{орг}$ (в среднем 2 % или 40 кг на 2,200 кг породы) превышает известные запасы нефти на 4 порядка [2]. В «нефтематеринских» толщах отношение количества углеводородных веществ ювенильной природы к количеству этих веществ биосферного генезиса как 95 к 5. Оно аналогично соотношению в нефти собственно углеводородов (соединений только углерода и водорода), не содержащихся ни в одном живом организме и гетероциклических органических соединений, которые и представляют липидные остатки организмов.

Углерод содержащие вещества нефтематеринских пород, принимаемые за $C_{орг}$, на 95 % это углеводородные последовательности глубинной природы. Начиная с самых ранних периодов развития биосферы они поднимались вертикальным флюидо-потоком и смешивались при седиментации на дне осадочных бассейнов с органическим веществом. Фактически $C_{орг}$ нефтематеринских пород это 5 % углерод содержащих соединений принесенных с суши и генерированных организмами в морской среде. Толщи, считающиеся нефтематеринскими, не могли родить нефть ни 600, ни 300, ни 100 и даже 50 миллионов лет тому назад. Нефть детище сложных природных процессов, наивысшая форма организации углеводородных последовательностей, характерных только для современной геологической эпохи, также как и нуклеотидные последовательности живого. Основная проблема нефтяной геологии – определить масштабами естественной генерации нефти и время её максимального пребывания в залежи. Разница между количеством современного техногенного извлечения и естественным восполнением, позволить понять допустимые количества добычи нефти в каждом регионе без ущерба для состояния её запасов. С точки зрения науки, техники и глобальной международной экономики и политики это вполне решаемая проблема.

Литература

1. Сейфуль-Мулюков Р.Б. Нефть – углеводородные последовательности: анализ моделей генезиса и эволюции // 11 формат. М., 2010. 175 с.
2. Хант Джон. Геохимия и геология нефти и газа. М.: МИР, 1982.
3. Germain J.E. Catalytic conversion of hydrocarbons. Academic Press, 1969. 312 p.

ЕЩЕ О ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ПРИРОДЕ ТУНГУССКОЙ КАТАСТРОФЫ

Н.М. Семенов

ПГО «Камчатгеология»

The Earth's degassing as the chief geological cause of Tungus event is discussed in the paper. The version offers a satisfactory explanation of paradoxical phenomenon at this site.

Идея о дегазационной природе взрыва на Подкаменной Тунгуске 1908 года впервые была высказана более 40 лет тому назад. С тех пор она была поддержана и развита многими исследователями и к настоящему времени получила достаточно убедительное научное обоснование. В данной работе предлагается свой вариант сценария событий, связанных с «Тунгусским метеоритом».

Главной причиной Тунгусской катастрофы стал естественный выброс в атмосферу большого объема природного газа, запасы которого в Катангской нефтегазоносной области, где находится эпицентр взрыва, превышают 160 млрд куб.м.

Важным сопутствующим обстоятельством взрыва газа оказались местные метеоусловия – в июне 1908 г. на обширной территории верховий бассейнов Подкаменной Тунгуски, Ангары и Лены установился мощный антициклон, т.е. ясная, безоблачная, безветренная погода.

Выход газа происходил в месте пересечения двух региональных глубинных разломов, окруженном густой сетью оперяющих трещин. Газ выходил в виде многочисленных разрозненных струй, вырывавшихся из толщи горных пород по проницаемым подводящим каналам. На некоторой высоте над земной поверхностью из этих струй сформировался и затем достиг своей вершиной тропопаузы столб метано-воздушной взрывоопасной смеси. Вследствие постепенного смещения антициклона к юго-востоку газовый столб приобретал наклон в этом же направлении.

Выход газа из земных недр длился около двух недель, все это время сохранялся и антициклон, длительность существования которого составляло несколько недель. Взрыв столба метано-воздушной смеси был инициирован пролетом раскаленного болида на большой высоте, вероятнее всего вблизи тропопаузы. Длина протяженности столба к этому моменту могла достигать нескольких десятков километров и более. Детонация распространялась вниз по наклонному столбу в виде серии последовательных взрывов, что создавало у наблюдателей представление о «клевке» траектории полета светящегося тела. Достигнув основания газового столба в том месте, где его образовывали соединяющиеся струи, огонь устремился к земной поверхности уже раздельно по каждой струе, вызывая ожоги и локальные возгорания леса вблизи воспламенившихся струй. Этим объясняется мозаичный, пятнистый характер лесного пожара, совершенно нетипичный для выгорания леса при обычных пожарах. К тому же лес в данном случае горел недолго и пожар не успел распространиться, т.к. пламя вскоре было сбито ударной волной от подземной фазы взрыва. Известно, что струю газа, выходящую под давлением из отверстия, можно поджечь лишь на некотором расстоянии от сопла, и что с понижением давления это расстояние уменьшается, а в случае дальнейшего падения давления может происходить проскок пламени внутрь сопла. Именно так получилось в описываемом районе: когда заканчивался выход га-

за из разрушенной залежи, давление в струях падало, и заключительные фазы взрыва состоялись уже под землей, сначала в приповерхностном слое вблизи корневых систем деревьев, отчего и произошел их массовый вывал, затем на большей глубине - в зоне подземного промежуточного скопления газа. Этот последний акт подземного взрыва и был зафиксирован на Иркутской сейсмостанции, а также на некоторых других. За счет бризантного воздействия взрыва на глубине увеличилась зона проницаемости окружающих горных пород, через которую впоследствии происходил постоянный подток газов в зону минерального питания корней деревьев. Это стало причиной их аномального прироста за счет улучшения условий питания по сравнению с соседними участками.

Относительно конкретных источников и механизмов поступления газа к поверхности в настоящее время можно строить только вероятностные схемы, поскольку геологическое строение территории в данном районе пока еще недостаточно изучено. Процесс исследований здесь в настоящее время весьма активно развивается в связи с освоением богатых углеводородных ресурсов в самом перспективном по нефти и газу Центрально-Сибирском регионе.

Таким образом, дегазационная концепция позволяет ответить на все традиционные «извечные» вопросы, порожденные Тунгусской катастрофой, а именно: 1) что явилось источником энергии для столь мощного взрыва; 2) почему не осталось никаких следов вещества взорвавшегося тела; 3) почему траектория полета болида над местом взрыва совершила т.н. «клевок» и резко пошла вниз; 4) чем объясняется сложная конфигурация очертаний зоны вывала леса и необычность структуры лесного пожара; 5) за счет чего происходит аномальный прирост годовых колец у деревьев, переживших катастрофу, коль скоро не выявлено признаков повышенной радиоактивности.

Следует отметить, что многочисленные космогонические версии не дают непротиворечивого ответа ни на один из перечисленных вопросов.

На вопрос, возможно ли повторение события, подобного Тунгусскому, ответ может быть дан, увы, лишь утвердительный. Дегазация Земли происходит повсеместно и непрерывно, но, к счастью, редко в столь катастрофических масштабах. Достаточно уже одного совпадения газового выброса с соответствующими метеоусловиями, а роль «запала» может выполнить любой самолет или ракета.

Обычно причины случающихся катастроф не сразу получают правильное объяснение. Для их интерпретации нередко изобретаются весьма фантастические построения, которые потом надолго застревают в общественном восприятии, разрастаясь в гигантскую пирамиду информационного шума.

В качестве примеров можно привести такие загадочные и до сих пор необъясненные события, как спонтанная миграция белок и леммингов в той же Восточной Сибири. Эти мелкие зверьки, совершенно не приспособленные для преодоления больших расстояний, вдруг сбиваются все вместе и огромным скоплением вместе со своими еще неокрепшими детенышами двигаются напрямик через гибельные для них большие водные преграды или не менее гибельные населенные пункты. Вполне возможно, что причиной их миграции и «самоубийства» становится выделение газа на территории их обитания. Такое же предположение уже описано относительно причин самоубийственного выброса на сушу китов, возможно из-за отравления подводными выделениями газа. Аналогична, по видимому, и природа аномальных явлений Бермудского треугольника. Подобие «тунгусского» взрыва в меньших масштабах и в техногенном варианте произо-

шло в 1989г. на месте аварии газопровода под Уфой, когда произошла детонация выделившегося в атмосферу газа. Наконец, трагедия на шахте «Распадской», развернувшаяся в наши дни также является следствием дегазации Земной Коры, хотя и с иным механизмом действия.

Литература

1. *Привалов П.И.* В помощь составителям гипотез, связанных с падением Тунгусского метеорита // Природа. 1969. №5. С. 125-128.
2. *Пасечник И.П.* Оценка параметров взрыва Тунгусского метеорита по сейсмическим и макробарографическим данным // Проблема Тунгусского метеорита. Новосибирск: Наука, 1976. С. 24-51.
3. *Кудрявцева Н.* А был ли метеорит? // Техника молодежи. 1981. №11. С. 35-37.
4. *Сапронов Н.Л.* Древние вулканические структуры на юге Тунгусской синеклизы. Сибирская платформа. Новосибирск: Наука, 1986. 103 с.
5. *Николаев Ю.А.* Моделирование химической кинетики и детонации в газах. Авт. дисс. д.ф.-м.н. Новосибирск: 1999. 406 с.
6. *Епифанов В.А.* Углеродородная дегазация земной коры – возможная причина Тунгусского события // Материалы междунар. конф. Москва, 2002. С. 130-133.
7. *Дорошин И.К.* О «парадоксах» проблемы Тунгусского метеорита // Феномен Тунгуски: многоаспектность проблемы. К 100-летию Тунгусского события 1908 г. Сборник научных трудов. Новосибирск, 2008. 354 с.

О СВЯЗЯХ ЗОН «СКРЫТЫХ» РУДОКОНТРОЛИРУЮЩИХ РАЗЛОМОВ С ПРОЯВЛЕНИЯМИ УГЛЕВОДОРОДОВ НА СЕВЕРО-ВОСТОКЕ РОССИИ

А.А. Сидоров¹, А.В. Волков¹, В.Е. Глозов²

¹ Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии
Российской Академии наук, Москва

² Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт
ДВО Российской Академии наук, Магадан

A combination of hidden NS- and neotectonic EW-trending faults exert control on the distribution of very large ore deposits. At the same time, the largest potentially petroleum-bearing regions of northeastern Russia are known to be associated with the same fault zones within Late Cretaceous sedimentary basins and offshore areas of the East Siberian, Chukchi, and Bering seas, as well as the Sea of Okhotsk.

Рудоконцентрирующие “скрытые” зоны разломов (линеаменты скрытого типа) детально рассматривались в работах Д. Кутины [1] и ряда других геологов. На Северо-Востоке России развиты преимущественно субмеридиональные, а в Приморье Дальнего Востока субширотные рудоконцентрирующие зоны, контролирующие углеродистые метасоматиты [2]. Рудные узлы и крупные месторождения, равно как и гранитоидные массивы, а также дайки различного состава (от риолитов до базальтов), обычно приурочены к пересечениям этих зон с разлома-

ми других направлений. А поздне- и послемеловые осадочные бассейны (ОБ) с угленосными залежами и нефтегазопроявлениями в пределах рудоконцентрирующих зон разломов нередко контролируются поперечными разломами с дайками андезибазальтов и неотектоническими подвижками [3].

На Северо-Востоке России такие бассейны расположены преимущественно на шельфе, но есть нефтегазоносные и возможно нефтегазоносные в пределах суши – Анадырский, Хатырский, Индигиро-Зырянский (рис.). Общие прогнозные извлекаемые ресурсы нефти оценены в 4 млрд т, в том числе на суше 60 млн т, газа – 6165 млрд м³, в том числе на суше 180 млрд м³.

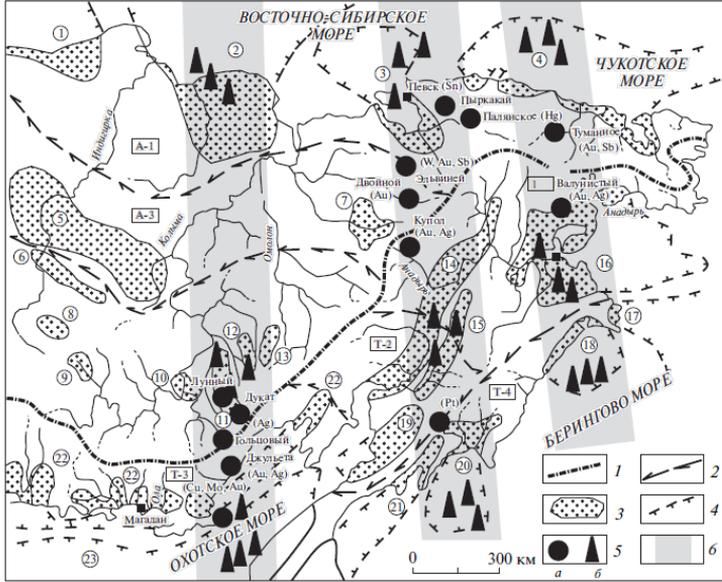


Рис. Зоны скрытых разломов, осадочные бассейны (ОБ) и минерагения Северо-Востока России (основа по [9])

1 – границы областей (Главный мировой водораздел): А – Циркумарктическая, Т – Циркумтихоокеанская; 2 – границы районов: А-1 – Арктический, А-2 – Аноийский, А-3 – Верхнеколымский; Т-1 – Анадырский, Т-2 – Пенжинский, Т-3 – Североохотоморский, Т-4 – Беринговоморский; 3 – осадочные бассейны (азральные, субазральные и субмаринные): 1 – Лаптевско-Янский, 2 – Новосибирский, 3 – Чаунский, 4 – Лонго-Чукотский, 5 – Индигиро-Зырянский, 6 – Момский, 7 – Нутесынский, 8 – Момантайский, 9 – Аркагалинский, 10 – Сеймчано-Буондинский, 11 – Омсукчанский, 12 – Улаганский, 13 – Хуличанский, 14 – Пенжинский, 15 – Парапольский, 16 – Анадырский, 17 – Наваринский, 18 – Хатырский, 19 – Пусторецкий, 20 – Олюторский, 21 – Ильпинский, 22 – Ямско-Тауйский, 23 – Североохотоморский; 4 – границы ОБ в морях; 5 – крупные рудные месторождения (а), нефтегазовые месторождения, проявления, прогнозируемые площади (б); 6 – субмеридиональные зоны глубинных разломов

Углубленное изучение ОБ, перспективных на нефть и газ, уже на предварительном этапе позволяло сделать вывод, что гидрогенная металлоносная специфика ОБ заключается в возможности генерации рудных месторождений за счет внутренних ресурсов металлов, воды и... энергетического потенциала...” [4]. С этой точки зрения недра нефтегазоносных ОБ представляют интерес как объекты поисков рудных и нерудных месторождений. Совместное нахождение гидротермальных рудопроявлений V, Ni, U, Sn, Pb, Zn, Cu, W, Mg, As, Sb, Hg, и

жидких углеводородных скоплений – факт достаточно широко распространенный и освещенный во многих опубликованных трудах. Некоторые исследователи отметили также: если рудная и сопутствующая ей минерализация тяготеет непосредственно к разломам, то основная масса углеводородов аккумулируется в оперяющих разломы трещинах [5]. В том случае, когда разгрузка флюидов метаморфогенной водонапорной системы происходит в пластовую водонапорную артезианского или постартезианского типов, возможно возникновение стратиформных гидротермальных месторождений и соседствующих с ними углеводородных скоплений. Примером такого соотношения гидротермальных и углеводородных скоплений являются залежи сульфидных золотоносных руд вкрапленного типа с нефтепроявлениями, охарактеризованными в [6]. Подобные соотношения в рудных районах Северо-Востока России показаны также в [3]. В пределах Северной Аляски и Чукотки основные скопления нефти и газа связываются с двумя осадочными комплексами: элсмирским (ранний карбон–поздняя юра) и брукским (апт–кайнозой) [7]. В связи с этим следует также отметить, что в пределах главной нефтеносной провинции Японии – А키타 выявлены и в значительной мере отработаны крупные месторождения колчеданных руд “куроко”, особенно характерных для островодужных террейнов. Неогеновые нефтеносные пласты залегают здесь обычно на дотретичных породах; в рудных районах – нередко и на палеозойских толщах [8].

Практически во всех ОБ с промороженным осадочным чехлом в зонах разломов, активных в современный период, при бурении скважин встречены пустоты со вскрытым зиянием до 2,5 м, заполненные газом, обычно смесью CO_2 , CH_4 , N_2 . Существование внутримерзлотных скоплений газа является характерной особенностью угленосных впадин Анадырского, Наваринского, Хатырского и Пенжинского ОБ.

В Анадырском ОБ сформированы в позднем плейстоцене месторождения газа на Ягельной и Западно-Озерной площадях. Позднеплейстоценовое понижение пластовых давлений сыграло основную роль и в образовании Верхне-Эчинского газонефтяного месторождения в этом же районе. Скопления нефти и газа приурочены к песчаникам и алевролитам миоцена. Используя результаты органогеохимических исследований, О.В. Щербань [10] пришел к выводу, что верхнеэчинские нефти образовались в более жестких условиях катагенеза, чем господствовавшие в отложениях миоцена. Наличие в пределах структуры продольных и поперечных разломов, степень дислокации пород осадочного чехла позволяют предполагать, что газ и нефть мигрировали из палеогеновых и более древних отложений в четвертичные, поэтому газовая фаза обогатилась гомологами метана, вплоть до бензиновых УВ (C_6 – C_8). В то же время в углеводородной составляющей реликтового органического вещества аргиллитов миоцена признаки биodeградации распространены повсеместно. Следовательно, органогеохимические данные подтверждают факт геологически недавнего перетока нефти и газа из нижних объектов в приповерхностные.

В пределах “скрытых” субмеридиональных зон разломов широко распространены неотектонические постумные поднятия, фиксируемые по интенсивно расчлененному рельефу и всiachими долинами ручьев [3]. Эти поднятия сопровождались глубинной дегазацией углеводородов [2]. Однако в приморских долинах и на шельфе морей такие поднятия погребены под послемеловыми толщами осадков, которые могли в определенной мере препятствовать постумным вертикальным движениям, а продукты дегазации естественно концентрировались в этих

толщах. И, следовательно, перспективны для поисков нефти и газа не только современные артезианские бассейны зрелого и полного развития, но и более древние структуры в пределах этих поднятий.

Субмеридиональные “скрытые” зоны разломов (глубинной трещиноватости) на Чукотке и их аналоги в пределах зон активизации и рифтогенных впадин (Ом-сукчанский прогиб) контролируют и вмещают крупнейшие золотые, серебряные, олово-полиметаллические, сурьмяные и ртутные месторождения Северо-Востока России [3]. Эти зоны разломов совместно с неотектоническими поперечными разломами контролируют и определяют формы послемеловых ОБ с многочисленными проявлениями нефти и газа (рис.). Наиболее интенсивно характеризующее сочетание разломов проявлено в пределах и по ограничению кратонных террейнов (Охотский, Омолонский, Эскимосский) и погруженных микрократонов, выделяемых по признакам пологого залегания пород верхоянского комплекса (пермь–юра). Границы погруженных микрократонов (микроконтинентов по С.М.Тильману и др. [11]) не изучены, хотя важная их металлогеническая роль в регионе очевидна [3]. Механизм накопления углеводородов в осадочных толщах различного возраста связан, по нашему мнению, не только с эндогенной дегазацией УВ в пределах глубинных разломов, но и с мощным развитием планктонного материала в бассейнах этой дегазации [2].

Таким образом, сочетание “скрытых” субмеридиональных и неотектонических субширотных зон разломов контролирует размещение крупнейших рудных месторождений; в пределах послемеловых осадочных бассейнов и шельфа Восточно-Сибирского, Чукотского, Берингового и Охотского морей с этими же разломами связаны важнейшие потенциально нефтегазоносные районы Северо-Востока России.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 08–05–00135).

Литература

1. *Kutina J.* // Bull. Global Tectonics and Metallogeny. 1980. V. 1. № 2. P. 134–185.
2. *Сидоров А.А., Томсон И.Н.* // Вестн. РАН. 2000. Т. 70. № 8. С. 719–724.
3. *Сидоров А.А., Волков А.В., Ваццлов Ю.Я.* // ДАН. 2008. Т. 423. № 4. С. 1–4.
4. *Гончаров В.И., Глотов В.Е., Сидоров А.А., Гревцев А.В.* Геодинамика, магматизм и минерагения континентальных окраин Севера Пацифики. Материалы Всерос. совещ. Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 2003. Т. 3. С. 56–60.
5. *Готтих Р.П., Писецкий Б.И.* // Первичная миграция и нефтегазоносность осадочных бассейнов. М.: ВНИГНИ, 1988. С. 47–56.
6. *Hulen Jeffrey B., Collister Yames W.* // Econ. Geol. 1999. V. 94. P. 1029–1050.
7. *Полякова И.Д., Сидоренко С.А.* В кн.: *Фундаментальные проблемы геологии и геохимии нефти и газа и развития нефтегазового комплекса России.* М.: ГЕОС, 2007. С. 137–147.
8. *Сидоров А.А.* // Колыма, 1967. № 1. С. 42–44.
9. *Глотов В.Е.* Гидрогеология и гидрогенетические ресурсы мезозойских и кайнозойских осадочных бассейнов Северо-Востока России. Автореф. д-ра геол.-минерал. наук. Магадан, 2006. 31 с.
10. *Щербань О.В.* // Геология зоны перехода континент–океан на Северо-Востоке Азии. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 1991. С. 65–72.
11. *Тильман С.М.* Сравнительная тектоника мезозойского севера Тихоокеанского кольца. Новосибирск: Наука, 1973. 326 с.

РАЗВИТИЕ ИДЕЙ П.Н. КРОПОТКИНА О ШИРОКОМ РАСПРОСТРАНЕНИИ В ЗЕМНОЙ КОРЕ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО СЖАТИЯ (НА ПРИМЕРЕ ПЛАТФОРМ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ)

Л.А. Сим¹, Ю.Л. Ребецкий¹, А.А. Козырев², Д.В. Жиров²

¹ 123995 ГСП-5, Москва, Д-242 Б.Грузинская, д. 10, Институт физики Земли РАН

² 184209 Мурманская обл., ул. Ферсмана, д. 24 Геологический институт Кольского научного центра РАН (ГИ КНЦ РАН)

The P.N. Kropotkin's ideas about predominance of horizontal tectonic stress at upper crust had been confirmed by investigations in different parts of Northern Eurasia. Our results also corroborate and evolve his theory and conclusion of impact of plate tectonic on intracrustal strains. For the first time the forecast of horizontal compression was carried out for Fennoscandian (Baltic) shield and borders of possible influence of spreading processes at Northern Atlantic and Arctic regions were estimated.

В области изучения напряженного состояния земной коры «П.Н. Кропоткин одним из первых... пришел к заключению о практически повсеместном присутствии в земной коре горизонтально ориентированного девиаторного напряжения» [Гурарий, Леонов, 1999], при этом он сделал вывод о том, что «во многих случаях на платформах соотношение максимального и минимального напряжений характерно для возникновения сдвигов», а ориентировка сжимающих напряжений внутри литосферных плит находится в согласии с направлением перемещения плит при их удалении от срединно-океанических хребтов и сближении в зонах коллизии [Кропоткин, 1993, с. 35]. Т.к. величина сжимающих напряжений в складчатых областях и на платформах значительно выше, чем те, которые создаются при суммарном воздействии тепловой конвекции в мантии, давления со стороны срединно-океанических хребтов как возвышенностей и затягивания охлажденных литосферных плит океана в зоны субдукции под действием собственного веса (горизонтальные сжимающие напряжения не более 100–200 бар, в то время как в Хибинских рудниках и на Урале они достигают 600–700 бар), то П.Н. Кропоткин с соавторами предложил комплексный механизм конвекции и возникновения внутриплитных тектонических напряжений с привлечением, помимо перечисленных выше факторов, чередования фаз небольшого сжатия и расширения Земли [Кропоткин и др., 1987]. Этот механизм с участием фаз контракции П.Н. Кропоткин в своей последней работе [1996, с.13], посвященной тектоническим напряжениям, предлагал как рабочую гипотезу.

В работах по Международному проекту [Zoback M.L. et al., 1989; The World Stress Map Project, 1992], в которых П.Н.Кропоткин принимал непосредственное участие в последние годы своей жизни, платформенные территории охарактеризованы единичными инструментальными измерениями (рис. 1А). Реконструкция тектонических напряжений по геологическим индикаторам на платформах связана с объективными трудностями, обусловленными спецификой их тектонического (слабая сейсмичность) и геологического (слабая обнаженность на значительных по площади структурах и т.д.) строения.

Известно, что наиболее информативными геологическими индикаторами тектонических напряжений являются структуры хрупкого разрушения (трещины, разрывы, разломы разного ранга). На щитах изучение напряженного состояния

по таким структурам сталкивается с проблемой их датирования, а в пределах плит доказанные разломы фундамента чаще всего трансформируются в низах осадочного чехла во флексуры, постепенно «вырождаясь» в верхней части чехла. Лишь на дневной поверхности разломы выражаются в виде зон повышенной трещиноватости, формирующей линеаменты. Начиная с глубин 5–7 км крутопадающие разломы часто переходят в листрические, что усложняет реконструкцию тектонических напряжений.

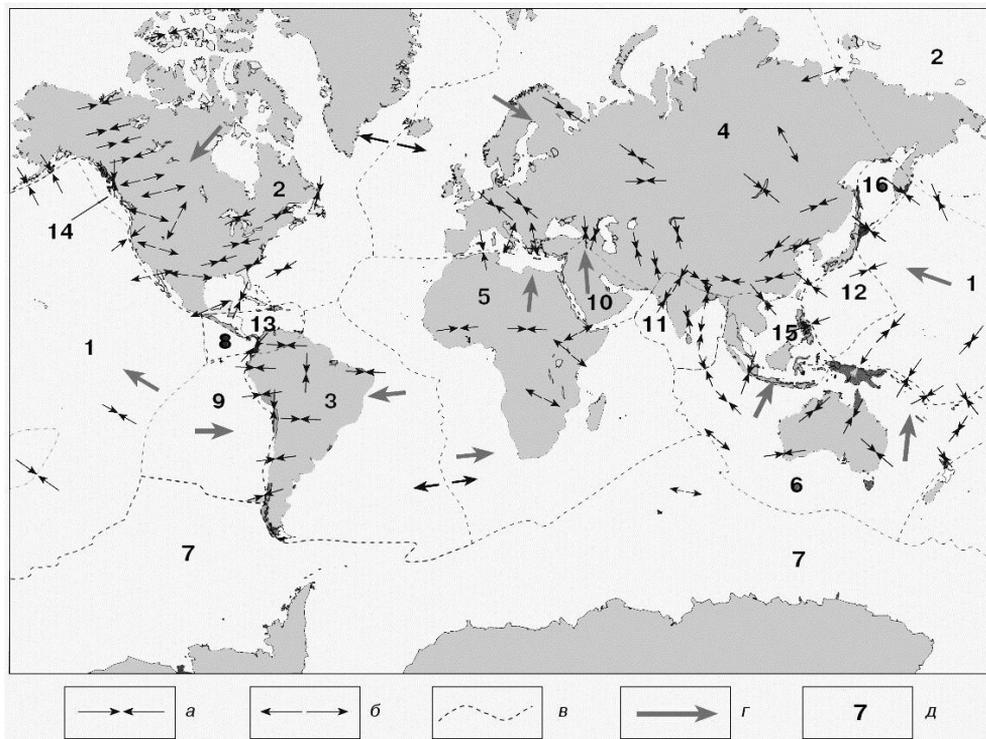
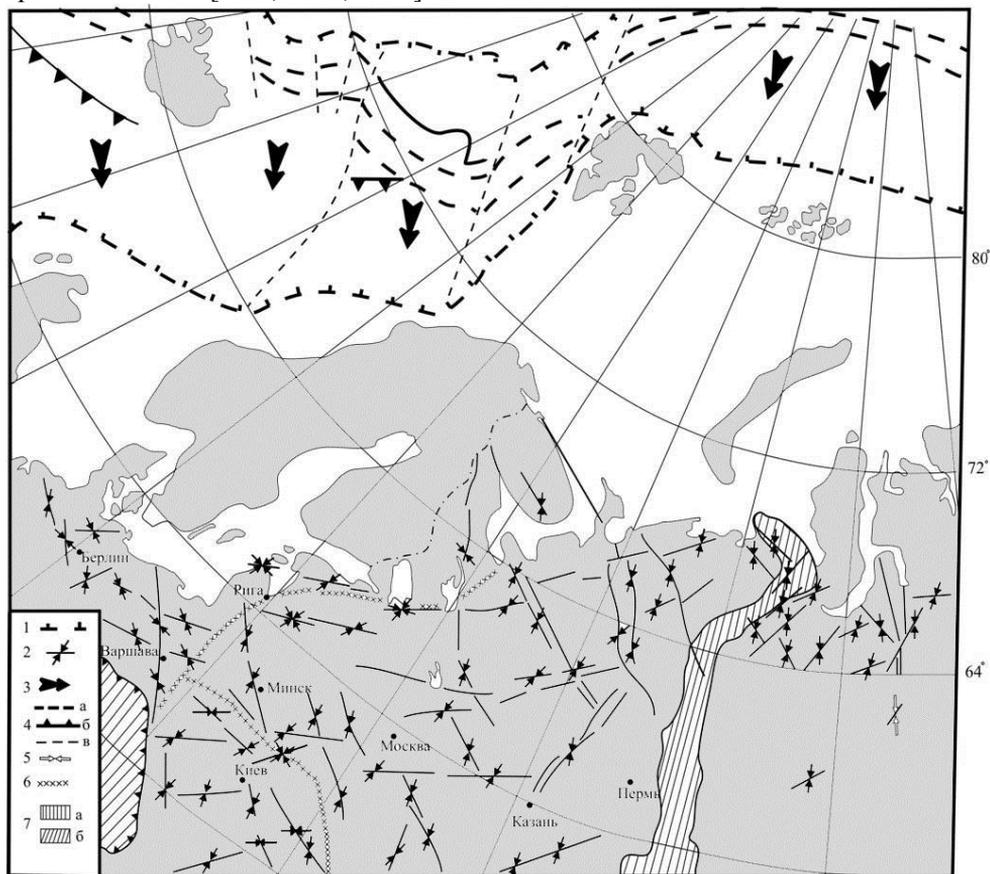


Рис. 1. Ориентировка тектонических напряжений.

Часть А – в земной коре континентов и в верхних слоях океанов (по П.Н. Кропоткину, 1996). а – ориентировки наибольшего горизонтального сжатия S_H 1 в областях, где $S_H > S_h > S_v$; б – ориентировки горизонтальной оси наименьшего сжатия в областях растяжения земной коры, где $S_v > S_H > S_h$; в – границы литосферных плит; г – структурное положение субдукционной границы и диффузных границ плит; д – направления движения литосферных плит (подрисуночный текст сокращен);

Исследования тектонических напряжений платформ северной Евразии проводились, в зависимости от геологического строения района и решаемых задач методами, разработанными разными авторами: кинематическим [Гущенко, 1973] и статистическим [Николаев, 1977]. Перечисленными методами на Балтийском щите, Тимане, Мезенской синеклизе восстановлены сдвиговые напряжения. Поэтому для реконструкции тектонических напряжений, вызывающих сдвиговые перемещения на платформах с учетом данных моделирования сдвигов, был разработан структурно-геоморфологический (СГ) метод реконструкции неотектони-

ческих напряжений [Сим, 1991; 2000]. Подавляющее большинство платформенных территорий охарактеризовано СГ методом, согласно которому по взаимной ориентировке мегатрещин в зонах повышенной трещиноватости и их ориентации по отношению к зоне при достижении определенных условий доказывается разломная природа зоны и мегатрещин, восстанавливаются: ориентировки осей сжатия и растяжения в горизонтальной плоскости, знак сдвиговой подвижки (правый или левый) и геодинамическая обстановка формирования зоны повышенной трещиноватости [Сим, 1991, 2000].



Часть Б – платформ Северной Евразии (Сим, 2009). 1 – Граница шельфа; 2 – ориентации осей сжатия, восстановленные в зонах динамического влияния крупнейших разломов; 3 – направление перемещения плит в результате спрединга в океанах; 4 – границы: а – срединно-океанических хребтов (СОХ), б – областей вулканизма, в – отдельных отрезков СОХ (трансформные разломы); 6 – границы областей с разными типами ориентировок осей неотектонических напряжений

Проведенные на севере Евразии исследования подтвердили тезис П.Н. Кропоткина о широком развитии горизонтального сжатия; его выводы о влиянии плитной тектоники на внутриплитные ориентировки региональных осей согласуются с результатами реконструкции тектонических напряжений; установлена граница возможного влияния процессов спрединга в Северной Атлантике и Арктике, ха-

рактирующая неустойчивыми напряжениями; впервые сделана попытка прогноза величин горизонтального сжатия на Ковдорском массиве.

СГ методом восстановлены сдвиговые неотектонические и современные тектонические напряжения Западно-Европейской (ЗЕП), Скифской, Тимано-Печорской (ТПП), севера Западно-Сибирской (ЗСП) плит и Восточно-Европейской платформы (ВЕП). Возраст восстановленных СГ методом сдвиговых полей напряжений на всех плитах новейший и современный в тех частях, где на дневной поверхности сплошным чехлом развиты четвертичные отложения, разбитые зонами повышенной трещиноватости – индикаторами тектонических напряжений, соответственно, возраст последних – постчетвертичный. Ориентировки осей сжатия и растяжения регионального уровня, полученные разными методами, согласуются между собой. По ориентировкам сдвиговых осей напряжений регионального уровня выделены западный и восточный типы; для первого из них характерны ЗСЗ ориентировки оси сжатия, для второго – субмеридиональные. Западный тип характерен для восточной части Балтийского щита, ЗЕП и западного склона Белорусской антеклизы ВЕП. Субмеридиональное сжатие характерно для всех остальных структур исследованной территории. Вдоль границы с разными типами напряженного состояния выделена зона с неустойчивыми параметрами тектонических напряжений [Сим, 2000].

В пределах рудника Железный (Ковдорский массив) в результате полевых работ 2009 г. кинематическим методом установлено молодое общее поле напряжений сдвигового типа с ЗСЗ ориентацией оси сжатия, характерной для современных региональных напряжений Балтийского щита [Сим, 1996, 2000], определена взаимосвязь разломной тектоники, тектонических напряжений и процесса обрушения массивов горных пород в ЮЗ стенке карьера [Сим, Жиров, 2009ф]. Измерения напряжений методом разгрузки (*in-situ*) в разных точках карьера показало присутствие значимой тектонической компоненты напряжений с уровнем горизонтального сжатия [Козырев, Савченко, 2009] от 5–50 МПа. Для их объяснения впервые с помощью анализа возможных вертикальных движений и мощности эрозионного среза горных пород исследуемого района рассчитаны величины остаточных напряжений [Ребецкий, 2008], которые ответственны за современные напряжения горизонтального сжатия. Они варьируют от -15 до -20.4 МПа (т.е. среднее значение максимального сжатия на современном этапе около 19 МПа [Ребецкий, 2009ф]), что хорошо соответствует результатам измерений напряжений *in-situ* метода. Заметим, что концепция механизма генерации напряжений горизонтального сжатия в областях вертикальных поднятий является альтернативной концепции теории литосферных плит. Поскольку концепция влияния остаточных напряжений определяет независимость горизонтального сжатия от направления, то в рамках этой концепции движения плит рассматриваются только как структурообразующие, определяющие стесненные условия и соответственно сохранение в определенном направлении (океанический рифт) горизонтального сжатия.

Выводы. Проведенные на севере Евразии исследования подтвердили тезис П.Н. Кропоткина о широком развитии горизонтального сжатия; его выводы о влиянии плитной тектоники на внутриплитные ориентировки региональных осей согласуются с результатами реконструкции тектонических напряжений; установлена граница возможного влияния процессов спрединга в Северной Атлантике и Арктике, характеризующаяся неустойчивыми напряжениями; впервые сделана попытка прогноза величин горизонтального сжатия на Ковдорском массиве.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ 09-05-12064 офи_м, 09-05-00687а, 09-05-1213а, 09-05-01022а.

Литература

1. Гуаррий Г.З., Леонов Ю.Л., Кропоткин П.Н. Теоретические и региональные проблемы геотектоники // Тр. ГИНа, вып. 515. М.: Наука, 1999. С. 5-7.
2. Козырев А.А., Панин В.И., Иванов В.И., Савченко С.Н. и др. Управление горным давлением в тектонически напряжённых массивах. Часть 1. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1996. 159 с.
3. Козырев А.А., Савченко С.Н. Закономерности распределения тектонических напряжений в верхней части земной коры. М.: Физика земли, 2009. № 11. С. 34-43.
4. Кропоткин П.Н. Тектонические напряжения в земной коре // Геотектоника. 1996. С. 3-16.
5. Кропоткин П.Н., Ефремов В.Н. Тектонические напряжения на платформах и глобальные вариации сейсмичности // Геотектоника. 1993. №5. С. 34-36.
6. Николаев П.Н. Методика статистического анализа трещин и реконструкция полей тектонических напряжений // Изв. вузов. Геол. и разведка. 1977. № 12. С. 113-127.
7. Ребецкий Ю.Л. Механизм генерации тектонических напряжений в областях больших вертикальных движений землетрясений // Физическая мезомеханика. 2008. Т. 1. № 11. С. 66-73.
8. Ребецкий Ю.Л. О возможном механизме генерации в земной коре горизонтальных сжимающих напряжений // Доклады РАН. 2008. Т. 423, № 4. С. 538-542.
9. Сим Л.А. Влияние глобального тектогенеза на новейшее напряженное состояние платформ Европы // М.В. Гзовский и развитие тектонофизики. М.: Наука, 2000. С. 326-350.
10. Сим Л.А. Изучение тектонических напряжений по геологическим индикаторам (методы, результаты, рекомендации) // Изв. ВУЗов. геол. и разв. 1991. № 10. С. 3-22.
11. Сим Л.А., Брянцева Г.В., Чекмарев К.В. Новейшая тектоника и неотектонические напряжения севера Западно-Сибирской плиты и Полярного Урала // Бюлл. МОИП. 2007. №6.
12. The World Stress Map Project. Papers on tectonophysics // J. Geophys. Res. 1992. V. 97. N8. P. 11703-12013.
13. Zoback M.L., Zoback M.D., Adams J. et al. Global patterns of tectonic stress // Nature. 1989. V.341. N 6240. P. 291-298.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТЕРСКО-СУНЖЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

М.Н. Смирнова

ИПНГ РАН, 119333 Москва, ул. Губкина, 3

1. Геологическое строение и геодинамика

Терско-Сунженская нефтегазоносная область состоит из двух линейных антиклинальных зон: Терской и Сунженской. В восточной части зоны находится Грозненская миндалевидная структура. Ее обрамляет Терская антиклинальная зона (Гудермес–Ястребиная). Сунженская антиклинальная зона в районе г. Грозного резко обрывается, расчлняясь на Грозненский хребет (Старогрозненское месторождение), расположенный на севере, и поднятия Сюиль-Корт и Суир-Корт (Октябрьское месторождение) на юге. Центральная часть миндалевидной струк-

туры совпадает с Петропавловской впадиной. Юго-восточная часть миндалины не ограничена поднятиями и открывается в Чеченскую впадину. Глубинное строение миндалины (Т.В. Краснопевцева) отмечается поднятием мантии и сокращением «гранитного» слоя. Важное значение имеют глубинные разломы, пересекающие структуру, и особенно Бенойско-Эльдаровский сдвиг, разрушивший восточную окраину Сунженского хребта и вызвавший присдвиговое растяжение бассейна (pull apart).

В Терско-Сунженской области активно проявились новейшие движения: в позднем плиоцене, антропогене и в современное время. Это установлено геодинамическими исследованиями, изменением геофизических полей и, особенно, геологическими проявлениями современных геодинамических процессов. Бесспорным показателем современной активизации является сейсмичность. В соответствии с идеями XXI века о расслоенности за счет горизонтальных движений – в кайнозойских отложениях возникла специфическая тектоника: надвиг, поднадвиг и зажатый между ними «клин». При активизации глубинные разломы являются путями миграции УВ флюидов и способствуют формированию залежей нефти и газа.

2. Нефтеносность

Естественные выходы нефти были известны в Чечено-Ингушетии с XVI века. С 1833 г. началась кустарная добыча нефти в Грозненской и Мамакаевской балках. Нефть, видимо, была под большим давлением, и некоторые колодцы периодически фонтанировали. Ни в отечественной, ни в иностранной литературе подобных нефтяных «гейзеров» не описано. В 1893 г. была пробурена первая скважина, давшая с глубины 131 м промышленную нефть. В 1895 г. скважина № 7/977 дала колоссальный фонтан с глубины 140 м с дебитом 1 млн пудов нефти в сутки. Она известила о несметных богатствах Чечено-Ингушетии, вызвала «нефтяной бум» и привлекла 14 иностранных и отечественных фирм. В 20–40-х годах XX века в Терской и Сунженской антиклинальных зонах были открыты многие нефтяные месторождения. Удельный вес грозненской нефтяной промышленности в общей добыче страны составлял 36,1 % (1931 г.). В Великую Отечественную войну грозненская нефтяная промышленность образцово выполняла правительственные задания по снабжению фронта горючим. В 1942 году коллектив 2-го промысла Малгобека был награжден Орденом Ленина. В 1941 году Грозному был нанесен огромный ущерб. Восемьдесят немецких самолетов бомбили город, заводы и промыслы. В 1944 году в результате насильственной депортации чеченцев и ингушей пострадал кадровый состав нефтяников. Добыча нефти упала с 2,2 млн тонн (1940 г.) до 871 тыс. тонн (1945 г.). День Победы грозненские нефтяники ознаменовали открытием Ташкалинского нефтяного месторождения.

С начала эксплуатации нефтяных месторождений Чечено-Ингушетии добыча нефти велась из миоценовых отложений (караганский и чокракский горизонты). Резкое падение добычи, естественное истощение месторождений поставили на повестку дня разведку более глубоких горизонтов. Большую нефть получили из верхнемеловых отложений. Открытие верхнемеловых залежей с дебитом скважин 1000 тонн в сутки с большим количеством растворенного в нефти газа было важным событием государственного значения. Однако завышенный государственный план по добыче нефти и газа привел к тому, что мезозойские залежи вступили в позднюю стадию разработки, тогда как миоценовые залежи эксплуа-

тируются более 100 лет и еще содержат определенное количество нефти, для извлечения которой необходимы новые методы повышения нефтеотдачи.

3. Состав газа

Газы карагано-чокракских отложений Старогрозненского месторождения содержат большое количество метана (85–98 %) при незначительном количестве высших УВ: этана (6,4–4,4 %), пропана, бутана (2,4–4,1 %).

«Жирные» газы впервые были получены в Октябрьском месторождении. Их отличительной особенностью был полный набор тяжелых УВ при незначительной роли метана (18–20 %) ил его полном отсутствии. Иногда отсутствуют этан и метан.

Связь с разрывными нарушениями имеет свою специфику. «Сухие» газы связаны с глубинными разломами общекавказского простирания.

4. Состав нефти

В Грозненской миндалевидной структуре известны три типа нефтей.

«Грозненская парафиновая» нефть: парафиновые УВ 62–63 %, нафтеновые 40–42 %, ароматические 1–2 %.

«Грозненская сортовая» нефть – близка к «парафиновой». Максимальное количество парафиновых УВ 56–62 %, нафтеновых 34–46 %, ароматических 5–15 %.

«Старогрозненская масляная» нефть – парафиновых УВ 64%, нафтеновых 33–56 %, ароматических 3–31 %. Этот тип нефти связан с правыми сдвигами в Терской и Сунженской линейных зонах – нефть в основном парафиновая.

Заключение

При сравнении некоторых свойств нефти Грозненской миндалевидной структуры, Терской и Сунженской линейных зон выявлены некоторые закономерности. В Грозненской миндалевидной структуре миоценовые нефти – легкие, с меньшим количеством силикагелевых и сернокислотных, меньше асфальтенов, с меньшим количеством серы, но с большим количеством парафина.

Еще больше отличий в промысловых данных. В Грозненской миндалевидной структуре пластовое давление 66–77 МПа, в линейных зонах 30–40 МПа. Температура достигает 190 °С против 90–100 °С в линейных структурах. Газовый фактор в Грозненской миндалевидной структуре 274–471 м³ против 171–295 м³ в линейных структурах.

Грозненская миндалевидная структура представляет собой область растяжения, типичную для структур pull-apart с активной геодинамикой и гидрогеодинамикой. К ней приурочены курорты с минеральной водой и долгоживущие нефтяные месторождения: Старогрозненское (117 лет), Октябрьское (97 лет).

И.Я. ФУРМАН – УЧЕНЫЙ И ПЕДАГОГ

М.Н. Смирнова

Институт проблем нефти и газа РАН, Москва, Россия; 8-499-135-72-53, tm@ipng.ru

В первые дни войны студентов мобилизовали в армию, и в институте остались в основном девушки. Однажды нам объявили, что будут читать лекцию о «девичьей гордости». В ожидании скучных поучений мы уже собирались ухо-

дить, как вошел высокий рыжий человек с доброй улыбкой, одетый, как нам казалось, под американца. Все геологические предметы: компас, счетная линейка и карандаши у него были в чехлах, удачно пристегнутые к пиджаку. Это был Илья Яковлевич Фурман, читавший специальные предметы на старших курсах. Молча, цветными мелками он нарисовал прекрасный цветок. На втором рисунке цветок был надломлен, и отдельные листья повисли. На третьем рисунке цветок лежал в луже грязи. Лектор тихо вышел из аудитории, а мы сидели несколько минут, затаив дыхание, потом так же тихо покинули аудиторию. Рисунки были противоречивым девизу «война все спит».

Илья Яковлевич Фурман работал в Грозненском нефтяном институте в период Великой Отечественной войны. Как он писал мне в письме: «Вынужденная бедность – общая и институтская – не позволяла нам дать студентам того, что было в других центральных вузах, но мы старались заронить «искру божью» и, наконец, нам это удалось».

Коллектив геологического факультета был своеобразен: В.Н. Венцель – декан факультета – был арестован на глазах студентов в 1941 году за сокрытие, якобы, немецкого происхождения, хотя он был евреем, Д.И. Выдрин – зав. кафедрой общей геологии – сосланный на поселение в Грозный за недооценку роли Сталина в естествознании, В.Н. Сузин – палеонтолог, сосланный на поселение в Грозный, как активный участник и организатор православной веры в одном из московских храмов. И.Я. Фурман среди всех выделялся удивительными педагогическими наклонностями.

Одним из главных элементов формирования горных инженеров-нефтяников был геологический кружок. На его заседаниях присутствовала вся военная кафедра, химики и многие интересующиеся геологией. Поскольку Д.И. Выдрин и И.Я. Фурман были сторонниками теории неорганического происхождения нефти, то дискуссии с химиками затягивались до позднего вечера. Студенты приобщались к таинству генезиса углеводородов, недаром управляющий «Грознефтью» А.С. Муромцев говорил про нас: «им голову вскружили еще на младших курсах». Для студентов устраивались экскурсии. Наша группа с И.Я. Фурманом неоднократно ездила в Северный и Южный Дагестан. Там нам показывали выходы нефти, подводно-оползневые майкопские породы и особенно большое впечатление произвели «вечные огни» Южного Дагестана.

Помимо хлебных карточек нам выдали мешок картошки, и мы с наслаждением ели ее на привалах. И.Я. Фурман научил есть ее в шелухе в целях экономии. Таз с остатками несъеденной картошки мы по очереди несли на маршрутах. Вечерами он рассказывал нам об особенностях геологии Каспийского моря, о дагестанских и азербайджанских геологах, о геофизической фирме «Шлюмберже» и великих возможностях каротажа скважин.

В Махачкале грозненский поезд надо было ждать четыре часа. Студенты скушали, не зная, куда себя девать. Я купила две газеты, под голову положила рюкзак и большую часть времени проспала. Илья Яковлевич сказал, что из меня выйдет полевой геолог. Я же это относилась к привычкам родственников-охотников. Когда я работала во Львове, то меня как несемейного молодого специалиста отправляли то на структурное бурение, то в полевые партии, туда, где нужно было укомплектовать штат.

На заседании геологического кружка И.Я. Фурман давал свое истолкование нефтематеринским свитам как нормальным осадочным породам, выполняющим

прогибы, в основании которых находятся глубинные разломы и создаются условия для восходящей миграции снизу вверх. Пропитанные флюидами осадочные породы образовались за счет миграции снизу. Разнообразие нефтей он считал следствием геохимических изменений метана.

Когда мы ехали в эвакуацию в город Коканд, И.Я. Фурман обычно обходил вагоны, выявляя больных. Ночью, когда переплывали Каспий на переполненной барже, сидящей выше ватерлинии, поднялся шторм. Баржу бросало из стороны в сторону, началась паника. На мачте зажглись огни «терпим бедствие». Капитан стрелял из пистолета в воздух, чтобы утихомирить метавшихся пассажиров. К нам подошел И.Я. Фурман и начал внушать нам, что помощь придет обязательно и что нас спасут. Мы ему верили, и утром, действительно шторм утих и появился наш спаситель – совсем маленький катер. Взял нашу баржу, потерявшую управление, на буксир и привел в Красноводскую бухту.

В 70-х годах в Ленинграде было совещание по тектонике и гидродинамике, где я встретила своих учителей – И.Я. Фурмана и Д.И. Выдрину. Это была радостная встреча. Мы не расставались и все расспрашивали друг друга о жизни и работе. Я делала доклад о влиянии землетрясений на добычу нефти. Это тогда было новой идеей, и мои учителя истолковали ее, естественно, в пользу неорганического происхождения нефти. После ленинградского совещания у меня завязалась переписка с моими учителями. Кроме деловых писем Илья Яковлевич присылал свои стихи и просил устроить их в институтскую многотиражку, а, может быть и выше. Я не смогла выполнить просьбу Ильи Яковлевича. В чеченскую войну все три здания Грозненского нефтяного института и дом, в котором я жила, были разрушены и сгорели. Одно стихотворение случайно было заложено в книге, которую я нашла случайно в домашней библиотеке в Москве. Оно было написано И.Я. Фурманом во время какого-то бесконечного служебного заседания: «В жизни повывелись радости. Чаще всего – огорчения. И нет из них гаже пакости, чем в ступе воды толчение! ... И льется словесная горе-вода по поводу и без повода! Товарищ, время надо беречь, и нервы беречь, без сомнения! Пора запретить беспредметную речь, в ступе воды толчение!».

РАБОТЫ П.Н. КРОПОТКИНА В ОБЛАСТИ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ГЕОТЕКТониКИ

М.Н. Смирнова

119333 Москва, ул. Губкина, 3, ИПНГ РАН

Основные интересы П.Н. Кропоткина были связаны не только с проблемой дегазации Земли, но и с целым рядом других актуальных геологических проблем, включая вопросы тектонической классификации. В настоящее время выделяются континентальная и океаническая кора. Изучая западную часть Тихоокеанского кольца и особенности его строения, П.Н. Кропоткин был сторонником трехчленного деления земной коры: континентальной, океанической и окраинно-морской. Многие ведущие тектонисты на Тектоническом совещании 1964 г. поддерживали выделение окраинно-морской коры (В.Е. Хаин, Е.Е. Милановский и др.). Впо-

следствии трехчленное деление земной коры развивали А.Д. Чехов [1], В.А. Сидоров, Н.И. Филатова, К.Тамаки, Маруяма и др.

Два океанических сегмента Земли: Тихоокеанский и Индо-Атлантический резко отличаются по своей структуре, что детально изучено Ю.М. Пушаровским [2]. В Тихоокеанском сегменте выделяются две планетарные структурные единицы: Тихий океан и Тихоокеанский тектонический пояс. Последний состоит из окраинных морей, островных дуг и глубоководных желобов. Окраинные моря в основном сложены утоненной континентальной корой («субконтинентальной») и реже утолщенной, океанической корой («субокеанической»). Однако главной особенностью остается высокая энергетика глубинных процессов Тихоокеанского сегмента, некоторые из них рассмотрены ниже.

Глубинное строение

Через Южно-Охотский бордерленд, Южно-Охотскую впадину и Курильскую дугу был проведен профиль 2-ДВ-М (Верба В.М., Кашубин С.Н. и др.). На профиле выделены осадочный чехол, верхняя, средняя и нижняя кора и мантия. Под впадиной четко выделяется горячий мантийный купол. Мощность земной коры на окраинах 22–26 км, под впадиной – до 15–16 км. Утонение коры происходит за счет сокращения верхней коры и исчезновения нижней, что естественно при соприкосновении ее с горячим мантийным диапиром. В верхнем слое консолидированной коры обнаружены парагнейсы различного состава, что свидетельствует о наличии «гранитного» слоя, т.е. о присутствии континентальной коры.

Вулканизм

Выделяются три этапа вулканизма [3]:

- 1) Поздний олигоцен – ранний миоцен (25–18 млн лет). В это время сформировался «зеленотуфовый» комплекс, а также андезиты и андезито-базальты.
- 2) Конец раннего, среднего и позднего миоцена (15 млн лет) – оливин, плагиоклазовые базальты, трахибазальты, трахиандезиты.
- 3) Плиоцен - плейстоценовый этап (4.1–0.9 млн лет) – оливин, плагиоклазовые базальты, андезитобазальты, андезитодациты.

Породы всех этих этапов – связаны с преобразованием континентальной коры.

Курило-Камчатская зона по степени проявления вулканизма – самая активная в России. Цепь действующих и потухших вулканов тянется от о. Хоккайдо через большие Курильские острова к Восточной Камчатке.

Сейсмичность

Тихоокеанский геологический пояс является наиболее сейсмичным на всей территории России. Наиболее активны Южно-Охотская впадина, Камчатка, Сахалин, Курильские острова и глубоководный желоб. Только в XX веке на Сахалине было разрушительное Нефтегорское землетрясение (1995 г.), на Курильских островах Итурупское землетрясение (1958 г.), Урупское (1963 г.), Шикотанские землетрясения (2006–2007 гг.), вызвавшие цунами. В Курило-Камчатском желобе известны глубокофокусные землетрясения ($h = 300\text{--}500$ км), связанные с зоной Беньофа.

Возвращаясь к правомерности выделения окраинно-морской коры, следует учесть, что этот тип коры является переходным между континентальным и океаническим типами коры. Как каждое переходное геологическое явление, оно очень сложное и дискуссионное. Для решения конкретных геологических задач Тихоокеанского складчатого пояса эта важнейшая структурная единица, без сомнения, должна выделяться. В приложении к теоретическому трехчленному раз-

делению земной коры необходимо учитывать данные о глубинном строении, геодинамике, металлогении, нефтеносности и других проявлениях эндодинамики, принимая во внимание обособленность и неповторимость Тихого океана.

Литература

1. *Чехов А.Д.* Крайинно-морская литосфера – ведущее звено главной геотектонической и геодинамической триады Земли. Материалы совещания «Тектоника и геодинамика складчатых поясов и платформ фанерозоя». М.: ГЕОС, 2010. Т. II. С. 416-419.

2. *Пуцаровский Ю.М.* Главная тектоническая асимметрия Земли: Тихоокеанский и Индо-Атлантический сегменты и взаимоотношение между ними // Тектонические и геодинамические феномены. М.: Наука, 1997. С. 8-24.

3. *Емельянова Т.В., Леликов Е.П.* Поздний олигоцен – плейстоценовые этапы вулканизма и геодинамика глубоководных котловин Японского и Охотского морей // Тез. докл. XVIII Междунар. Школы морской геологии (Геология морей и океанов). М.: ГЕОС, 2009. Т. I. С. 54-58.

РОЛЬ ФЛЮИДНЫХ ПОТОКОВ РАЗНОГО РАНГА В ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПЕРЕСТРОЙКАХ

Н.В. Соколова

ИПНГ РАН, г. Москва, e-mail: sona@ipng.ru

В настоящее время уже многие исследователи признают, что при изучении геодинамических перестроек необходимо учитывать потоки флюидов разного вещественного состава, действующие на различных глубинах.

Как показали исследования, эти потоки связаны с функционирующей на земной поверхности единой многогранговой глобальной и региональной сетью постоянно действующих разломов. При изменении геодинамических условий на глубинах меняется также характер процессов сноса и накопления земного вещества. Все современные разломы и флюидные потоки крупного и низкого ранга подчинены в конечном итоге ротационному режиму Земли. Существует жесткая причинно-следственная связь процессов формирования современных разломов, зон разрядки напряжений, флюидных потоков с особенностями движений Земли вокруг Солнца и своей оси (Орлов В.И., 2006; Соколова Н.В., 2009, 2010).

На земной поверхности развиваются две группы противоположных потоков флюидов различного вещественного состава по вертикали: так называемые базы-воронки, затягивающие вещество в глубь Земли, и противоположные им по направлению «трубы дегазации», каналы выброса вещества из земных недр при разрядке земных напряжений. Эти объекты различную силу проявления. Самые крупные воронки размещаются в глубоководных желобах, а каналы выброса крупного ранга проявляются на земной поверхности в виде вулканов. Минимальные проявления и тех, и других групп противоположных потоков связаны с работой рек, которые приурочены к зонам разрядки напряжений более низкого ранга.

Как показали исследования речных систем, воронки формируются в узлах соединения трех потоков – одного выходящего и двух входящих (один из которых

– транзитный, а другой – приток, при этом второй приток с противоположной стороны – минимальный). В целом методика выявления динамических участков и зон разрядки напряжений (разрывов земного вещества) включает выявление крупных узлов – воронок и взаимосвязанных с ними ортогональных систем противоположных потоков разного уровня. Таким образом, сами потоки вещества и воронки формируют систему взаимосвязанных динамических пространственных структур на разных глубинах.

В процессе изучения земного пространства мы имеем дело со сфероидными шестигранными блоками разного ранга. В теле Земли развивается несколько слоев взаимосвязанных и взаимопроникающих сфероидных блоков – консолидированных глубинных структур. На разной глубине они отличаются размерами, фазовым состоянием и степенью мобильности. Каждый из таких блоков в зависимости от ранга имеет свою зону накопления (внутреннее ядро), окруженную шестью областями перетока вещества. За счет обновления (углубления) разломов, развития процессов сжатия разного ранга происходит перераспределение блоковых структур из одного слоя в другой по глубине, что может сопровождаться вулканическими проявлениями, землетрясениями. Характер изменения динамических участков на земной поверхности (граней сфероидных блоков) отражается в их современной морфоструктуре. Можно выделить три разных типа развития их со своими наборами индикационных признаков. 1. Блоковая структура определенного ранга стремится выйти из своего слоя вниз, в глубь Земли. Примером такой территории является часть Югано-Балыкско-Салымского междуречья в Западной Сибири, представляющая собой специфичную заболоченную зону «торошения». 2. Блоковая структура определенного ранга стремится выйти из своего слоя вверх, в направлении от центра Земли. Примером такой территории является Центральный Массив во Франции, в пределах которого размещаются потухшие (лучше сказать, неактивные в данный период времени) вулканы, которые тем не менее отличаются друг от друга современным флюидным режимом. 3. Блоковая структура, размещающаяся на глубине, стремится выйти в вышележащий слой при обновлении и латеральном расхождении трещин в его пределах (при создании дополнительных усилий сжатия центральных областей смежных глубинных структур одного ранга и уменьшении их общей зоны перетока), Примером данной территории является территория Срединно-океанического хребта в Атлантическом океане.

На земной поверхности дешифрируются только одна (или две смежные на ребрах-границах структуры первого ранга – всей Земли) грань каждого сфероидного блока 2-го ранга (и ниже) и их сочленения друг с другом. Зная такие грани, можно определить примерные границы сфероидного блока, размеры и местонахождение его ядра, общих (для него и сочлененных блоков) областей перетока флюидов различного вещественного состава, зоны возможных выбросов вещества из земных недр с конкретных глубин.

Все сфероидные блоки составляют единое геодинамическое пространство, каждый из них достаточно мобилен, имеет особенности своего движения, обладает некоторым моментом вращения относительно других блоков. Гидрографическая сеть на земной поверхности и ее деформации, процессы усиления сноса и усиления накопления земного вещества – следствие развития данных динамических сфероидных блоков разного ранга. В воронках главным потоком является засасывающий в глубь Земли. Одновременно, рядом с ним действует обратный

более слабый поток из земных недр, который зависит от первого и от степени и характера заполнения веществом внутриземных пространств.

К каждой воронке примыкают три зоны – места возможных выбросов земного вещества с определенной глубины (трубы дегазации определенного ранга). Флюидные потоки работают по спирали, поэтому, засасываясь в воронку – сходящуюся спираль, вещество должно двигаться в глубь Земли не по прямой «трубе», а по расходящейся спирали (как в песочных часах). Кроме того, на определенной глубине каждый из трех смежных сфероидных блоков должен иметь возможность засасывать вещество в свою центральную область ядра. Поэтому засасывающий поток флюидов – продолжение воронки в глубине Земли – должен иметь форму расходящейся спирали до определенного максимума, а затем – форму сходящейся спирали до границы данного сфероидного блока на глубине. Учитывая эти обстоятельства и взаимосвязи противоположных потоков, можно утверждать, что у каждой пространственной структуры с 8 воронками существуют 8 каналов выброса флюидов различного вещественного состава, которые соответственно соединяют центральную область сжатия, ядро, с областями, примыкающими к воронкам. Эти каналы выброса позволяют снимать земные напряжения, если меняются условия сжатия центральных областей ядер, их энергетическая подпитка. Чем выше ранг динамического участка, пространственной структуры, тем больше по размерам область влияния канала выброса, дешифрируемая на земной поверхности близ воронки. К примеру, вулкан Вулькано в Италии – канал выброса вещества с глубины примерно 20–25 км.

С учетом вышеизложенного, наилучшие условия для накопления, формирования залежей УВ создаются только внутри блоковой структуры, в центральной ее области сжатия вещества определенного ранга и на определенной глубине. Области перетока вещества, общие для смежных блоковых структур, – это раздробленные разуплотненные зоны транзита УВ и их флюидов.

Как показала ситуация в Мексиканском заливе, на глубине 10 км и более вещество находится под большим давлением. И прежде чем качать нефть с такой глубины 10 км, необходимо определить геодинамические условия формирования подобных скоплений, ранг области аккумуляции УВ. Иначе вслед за нефтью с еще большей глубины может пойти лава, которая будет способствовать развитию здесь нового активного подводного вулкана. Вследствие этого процесса (активирующего естественный процесс выброса вещества из земных недр) уровень Мексиканского залива может быть поднят, что приведет к еще большему усилению подтопления и заболачивания прибрежных территорий.

Из-за обновления (углубления) и асимметричного расхождения трещин-швов крупного ранга в пределах Атлантического океана территория Северной Америки в целом испытывает сжатие со стороны Атлантики (самое сильное) и со стороны Южной Америки (менее сильное). Территория Срединно-океанического хребта была создана за счет излияния магмы на дне океана, частичного заполнения данной трещины-шва. Из-за процессов сжатия со стороны Атлантики развивается Северо-Американская котловина; сжатия со стороны Южной Америки – впадина Пуэрто-Рико между Северной и Южной Америкой. О таком развитии событий свидетельствуют сама форма Мексиканского залива, размещение шельфовых и глубинных частей, характерный изгиб русла Миссисипи на выходе в залив, заболоченность берегов Мексиканского залива со стороны Северной Америки и другие индикаторы.

В условиях сжатия внутренней области глубинной блоковой структуры пока не выйдет часть накопленной там нефти (вторая часть ее уйдет на большие глубины) фонтан из разрушенной скважины в Мексиканском заливе будет иметь место.

В Мексиканском заливе антропогенное вмешательство (бурение сверхглубокой скважины (и добыча нефти) в зоне канала выброса вещества из недр Земли крупного ранга) усилило определенные естественные процессы сжатия смежных глубинных структур. Кроме того, данное антропогенное вмешательство косвенно способствует еще большему обновлению и раскрытию трещины-шва крупного ранга в Атлантическом океане.

Таким образом, роль естественных флюидных потоков в геодинамических перестройках грандиозна. И их необходимо учитывать при рациональном использовании природных ресурсов, создании искусственных потоков (к примеру, при добыче УВ).

О ПРИНУДИТЕЛЬНОМ УГЛЕВОДОРОДНОМ МАССООБМЕНЕ В ОСАДОЧНЫХ БАССЕЙНАХ

Н.Н. Соловьев

Москва, ООО «Газпром ВНИИГАЗ»

Независимо от места нахождения главенствующего источника углеводородов в земной коре преимущественной средой их перемещения являются природные резервуары осадочных бассейнов. Под влиянием дилатационных явлений, акустической эмиссии, электромагнитных процессов, сопровождающих деформацию пород, происходит принудительное (вынужденное) перемещение углеводородных флюидов даже в тонкодисперсной среде.

Regardless of the location of the main source of hydrocarbons in the earth crust, natural reservoirs of sedimentary basins provide the best migration conditions. Hydrocarbon fluids are subject to forced movement even in fine-grained media due to dilatation effects, acoustic emission and electromagnetic processes that accompany rock deformation.

Из-за невозможности комплексного экспериментального воспроизводства процессов онтогенеза нефти и газа реконструкция функционирования УВ-сферы Земли до сих пор базируется преимущественно на системе аксиом. Поэтому многолетние попытки раскрытия тайн онтогенеза нефти и газа, по существу, не привели к формированию общей теории формирования месторождений углеводородов (УВ). Вместе с тем в последние десятилетия все чаще рассматривается возможность дуалистического описания парадигмы формирования УВ-сферы Земли.

Одним из наиболее уязвимых мест гипотезы органического происхождения нефти и газа является сложность, или даже невозможность, аргументации баланса ресурсов выявленных и прогнозируемых нефтяных и продуктов распада органического вещества (ОВ), содержащегося в осадочных бассейнах Земли. С позиций же абиогенного синтеза УВ практически невозможно объяснить формирование гигантских полей газогидратов, угольного, сланцевого и болотного газа.

Чаще всего критика «классической» парадигмы термогравитационной гипотезы сводится к обсуждению слабой обоснованности процессов миграции УВ во

всех ее проявлениях: первичная, собирательная, струйная (внутрирезервуарная). Но, например, последний процесс требует объяснения и в рамках абиогенной гипотезы, поскольку, выявленные закономерности размещения месторождений нефти и газа исключают возможность существования мантийного очага субвертикальной разгрузки под каждым из них.

Основным недостатком большинства схем описания миграционных процессов, как правило, в рамках термогравитационной гипотезы является слабая энергетическая обоснованность как меж-, так и внутрипластового углеводородного массообмена. Это особенно заметно, когда в качестве источника УВ рассматривается ОВ, содержащееся в практически не уплотняющихся карбонатных породах. В основном при описании процессов миграции УВ флюидонасыщенные горные породы рассматриваются как пассивные элементы подземной гидросферы. При этом структурно-морфологическая деформация пластов горных пород учитывается лишь при определении энергетически наиболее выгодных направлений главным образом свободной миграции УВ. С другой стороны, принципиально важно, что независимо от нахождения главенствующего источника УВ преимущественной средой их перемещения являются природные резервуары осадочных бассейнов. Среди других особенно показательны условия размещения залежей газа в так называемом шатлыкском горизонте (неоком) Амударьинской синеклизы Туранской плиты. Слагающий его пласт красноцветных песчаников на площади более 100 тыс.км² надежно отделен от регионально нефтегазоносных юрских отложений мощной толщей солей кимеридж-титона, практически исключая субвертикальное перераспределение флюидов в солевом ареале.

При таком подходе практически игнорируется вклад тектонического (геодинамического) фактора в энергетику массообменных процессов в подземной гидросфере. Частные вопросы тектонодинамического (или геодинамического, или сейсмостектонического) усиления процессов массообмена, в том числе углеводородного, в подземной гидросфере уже давно обсуждались в печати (Г.И. Амурский, Н.Н. Соловьев, 1983; Г.Е. Вартанян, Г.В. Куликов, 1982; Н.А. Еременко, 1983; О.Л. Кузнецов и др., 1981; Ю.А. Пецюха, 1985; Н.Н. Соловьев, Г.И. Амурский 1982; Н.Н. Соловьев, 1992; 19998; В.П. Царев, 1986; Н.В. Черский и др., 1977, 1985 и др.). Поэтому весьма вероятно, что в естественных условиях миграционные процессы регулируются механизмом, обеспечивающим принудительный массоперенос флюидных фаз осадочных толщ.

Современные геотектонические концепции исходят из того, что земная кора на всех уровнях характеризуется фрактальностью (дискретностью, кусковатостью), обусловленной ее субгоризонтальной расслоенностью и разломно-блоковой структурой разномасштабных пластин. Напряженное состояние горных пород почти повсеместно определяется негидростатическим геодинамическим полем давлений, зависящим от изменения интенсивности проявления тектонических процессов. Поэтому динамика флюидообмена в подземной гидросфере весьма существенно зависит от деформационных процессов в горных породах и инициируемого ими энергообмена между твердой и жидкой фазами.

В недеформирующейся и не испытывающей воздействий иных силовых полей пористой (трещиновато-пористой) среде движение жидкости поддерживается только перепадом напора. Другие же физические взаимодействия (молекулярное в жидкости, определяющее ее вязкость; межфазовое на контакте твердой и жид-

кой фаз, снижающее эффективное сечение фильтрующих каналов) его затрудняют или даже запрещают.

По Дж. Райсу (1982) в процессе дилатансии может возникать перепад давлений в жидкости 2–20 МПа, вследствие чего за счет эффекта разряжения она может превращаться в пар. Согласно энергетической теории процесса разрушения А. Гриффитса при образовании трещин происходит выделение упругой энергии, запасенной телом. В экспериментах по деформированию больших блоков горных пород Г.А. Соболев и А.В. Кольцов (1988) наблюдали нарастающее выделение летучих, акустическую эмиссию, электромагнитное излучение.

В отличие от землетрясений высвобождаемая при дилатансии энергия не приводит к внешне эффективным последствиям. Однако ее суммарный расход в большом объеме горных пород может существенно превышать энергию даже крупнейших сейсмических событий. Выделяющаяся при дилатансии механическая энергия представляет собой доминирующую часть энергии связи частиц пород на площади, равной суммарной новообразованной поверхности при нарушении их сплошности, и может расходоваться на изменение энергетического состояния флюидной фазы.

Среди основных производных флуктуаций напряженного состояния горных пород при тектонодинамическом возбуждении подземной гидросферы наибольшего внимания заслуживают дилатансионные явления, акустическая эмиссия, электромагнитные процессы. Спонтанное изменение энергетического состояния твердой и жидкой фаз в системе пород-флюиды существенно увеличивает потенциал движения флюидов. Благодаря периодическому «дыханию» пустотности пород, сопровождающемуся снижением вязкости флюидов и межфазовых взаимодействий под влиянием энергетических полей тектонодинамического генезиса, может существенно увеличиваться и углеводородный массообмен в подземной гидросфере.

ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ЗОНЫ СОЧЛЕНЕНИЯ ПРИКАСПИЙСКОЙ ВПАДИНЫ И КРЯЖА КАРПИНСКОГО

Б.А. Соловьев, А.Н. Кондратьев, С.П. Левшунова

ФГУП «ВНИГНИ» 105118 Москва шоссе Энтузиастов, 36

PERSPECTIVES OF OILGASCONTENT OF WELDING ZONE OF THE PRECASPIAN DEPRESSION AND KARPINSKY RIDGE ARE DISCUSSED

В области сочленения Прикаспийской впадины с кряжем Карпинского в результате выполнения комплекса геолого-геофизических исследований закартирована Каракульско-Смушковская зона поднятий (КСЗП). Непосредственно к северу от КСЗП располагаются: Астраханский свод, Сарпинский прогиб и Карасальская моноклираль. На юге КСЗП отделяется тектоническим швом от структуры кряжа Карпинского.

КСЗП представляет собой систему пластин (чешуй), сложенных отложениями московско-артинского возраста, надвинутых со стороны кряжа Карпинского на

подстилающие более древние каменноугольные образования Прикаспийской впадины и плащеобразно перекрытые сверху юрско-кайнозойскими осадками, которые в северном направлении наращиваются снизу отложениями триаса и верхней перми. Таким образом, в строении КСЗП получили развитие три дисгармоничных тектонических этажа: автохтонный, аллохтонный и покровный.

Проведен детальный анализ геологического строения КСЗП как автохтонного ($D_3-C_2b_1$), так и аллохтонного (C_2m-P_{1art}) и покровного (J_2-Kz) комплексов и рассмотрен характер заключенных в них промышленных скоплений УВ и нефтегазопроявлений.

ОВ ниже-среднекаменноугольного карбонатного комплекса КСЗП подверглось интенсивному катагенетическому преобразованию до высоких стадий ($МК_5-AK_3$). Последнее было обусловлено как значительным погружением этих отложений, так и проявлениями динамических процессов в тектонически напряженной зоне. Формирование обнаруженных здесь высоких концентраций неуглеводородных газов (двуокиси углерода, азота, водорода, гелия) обусловлено как вхождением каменноугольных отложений в зону генерации кислых газов, так и подтоком глубинных газов по существующим разломам. Одновременно установленная тенденция снижения степени катагенеза ОВ пород ниже-среднекаменноугольного возраста с юга на северо-восток КСЗП и ослабление в этом направлении тектонической напряженности позволяет рассчитывать на обнаружение углеводородных флюидов с пониженным содержанием неуглеводородных компонентов.

Аллохтонный московско-артинский терригенный комплекс характеризуется невыдержанным литологическим составом, а также коллекторских и экранирующих свойств.

В целом моласоидные отложения верхнекаменноугольно-нижнепермского возраста характеризуются присутствием ОВ, находящемся в ГЗН, но низкие его концентрации не позволяют рассчитывать на открытие серьезных скоплений УВ в изученных районах Каракульско-Смушковской зоны. Изменение этого положения в лучшую сторону возможно лишь в крайней восточной, еще не изученной части КСЗП.

Из отложений покровного юрско-кайнозойского этажа КСЗП и прилегающей с севера территории Астраханского свода на ряде площадей получены притоки жидких и газообразных УВ, в том числе промышленного характера.

Глины средней юры содержат гумусово-сапропелевое ОВ до 1,50–2,86 %. Преобразование его в стадию седиментогенеза и раннего диагенеза происходило в восстановительной, реже – слабовосстановительной геохимических обстановках. Степень катагенетической преобразованности ОВ $ПК_3-MK_1$, что свидетельствует о начале ГЗН и позволяет рассчитывать на формирование нефтей ранней генерации.

Геохимическая характеристика ОВ нижнемелового комплекса сходна со среднеюрскими отложениями. Тип ОВ гумусово-сапропелевый, концентрации субкларковые и выше (0,72–1,89 %). Однако содержание битумоидов значительно меньше, чем в среднеюрских отложениях и они повсеместно сильно окислены. Степень преобразованности ОВ – $ПК_3$. В связи с невысокой преобразованностью ОВ (протокатагенез), в нижнемеловых отложениях можно ожидать формирование газовых залежей.

Многочисленными газопроявлениями характеризуется плиоцен-четвертичный комплекс.

Отрицательные результаты нефтегазописковых работ в автохтонном комплексе средне- нижнекаменноугольных преимущественно карбонатных отложений обусловлены рядом объективных причин. Во-первых, вскрываемые разрезы карбонатных пород характеризуются низкими коллекторскими свойствами. Во-вторых, локальные структуры зачастую нарушены крупноамплитудными разломами при отсутствии надежной соленосной покрышки. В-третьих, ОВ глубоко погруженных средне- нижнекаменноугольных отложений имеет, как правило, очень высокие стадии катагенеза, обеспечивающие генерацию кислых газов. При этом по разломам фиксируется подток глубинных газов. Определенное улучшение условий генерации и сохранения залежей УВ можно ожидать в крайней восточной части КСЗП (в дельте р. Волги), в которой прогнозируется развитие менее тектонически нарушенных локальных структур (возможно, органогенных) и более низкая стадия катагенеза ОВ. Указанное благоприятно для поисков в карбонатах средне- нижнекаменноугольного возраста этой части региона скоплений УВ флюидов (газов и газоконденсатов) с пониженным содержанием CO_2 . Исследованиями, проведенными ГНЦ ФГУПП «Южморгеология» в транзитной зоне акватории Каспия, установлено замыкание на суше КСЗП (3). Названная структура здесь обрывается Береговым разломом, за которым появляются, предположительно, подсолевые поднятия Прикаспийской впадины.

Аллохтонный комплекс, сложенный молассоидными терригенными отложениями и характеризующийся невыдержанным литологическим составом, может приобрести в пока не изученной восточной части КСЗП более благоприятное строение для формирования природных резервуаров и заполнения их УВ.

Более однозначной по сравнению с палеозойскими комплексами является оценка перспектив нефтегазонасности юрско-кайнозойского покровного комплекса. В восточной части КСЗП возможно выявление перспективных антиклинальных, в том числе тектонически экранированных локальных объектов в отложениях среднеюрского и нижнемелового комплексов. В этой части региона увеличиваются мощности отложений, растет их нефтегазовый потенциал и увеличиваются размеры ловушек. Можно ожидать открытие многопластовых нефтегазовых залежей, в том числе значительных по запасам.

В качестве самостоятельного объекта поиска газов можно рассматривать верхнеплиоценовый (акчагыл-апшеронский) комплекс терригенных отложений. В этих отложениях могут быть выявлены газовые скопления метанового состава. При этом в дельте р. Волги намечается предверхнеплиоценовое инверсионное поднятие, обеспечивающее формирование, возможно, значительной новейшей структуры.

Таким образом, в качестве перспективных на УВ в крайней восточной части КСЗП можно рассматривать карбонатные отложения ниже- среднекаменноугольного возраста и терригенные образования нижнепермского, среднеюрского, нижнемелового и верхнеплиоценового возраста.

СУБВЕРТИКАЛЬНЫЕ ЗОНЫ РАЗЛОМНО-ТРЕЩИННОГО РАЗУПЛОТНЕНИЯ ПОРОД ОСАДОЧНОГО ЧЕХЛА КАК ЭЛЕМЕНТЫ ГЕОФЛЮИДОДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ: ЗНАЧЕНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ

Н.Н. Соловьев, В.А. Кузьминов, Л.С. Салина, Р.Г. Семашев

ООО «Газпром ВНИИГАЗ», г. Москва, Россия

Resources depletion of the basic Cenomanian gas fields induces the development of underlying hydrocarbon-bearing formations. The majority of their resources are concentrated in low-permeability tight reservoirs. It has been shown that complex interpretation of satellite and geological and geophysical data allows forecasting the zones of increased permeability in tight reservoirs.

Высокая выработанность (около 70 %) базовых сеноманских залежей месторождений Западной Сибири (Уренгойское, Ямбургское и Медвежье) вынуждает форсировать освоение ресурсов нижезалегающих нефтегазоносных комплексов (нижнемеловой, юрский и палеозойский), характеризующихся увеличением неоднородности геологической среды. Прогнозная оценка этих ресурсов внушительна и по величине сопоставима с уникальным сеноман-аптским нефтегазоносным комплексом. Однако по экспертным оценкам более половины их относятся к разряду трудноизвлекаемых, а продуктивные горизонты характеризуются развитием преимущественно плотных коллекторов с низкими фильтрационными свойствами. Сложное строение выявленных и подготовленных залежей углеводородов (УВ) в неоком-юрских и палеозойских отложениях приводит к осложнениям в процессе их разработки и снижению эффективности геолого-разведочных работ.

Полученные нами результаты специализированной обработки материалов космических съемок территории севера Западной Сибири, показывают значительно большее (по сравнению с сейсмическими данными) развитие по *всему* вертикальному разрезу малоамплитудных и безамплитудных тектонических нарушений, создающих зоны разломно-трещинного разуплотнения в низкопроницаемых осадочных и непроницаемых кристаллических породах. По результатам комплексной интерпретации сейсморазведочной и спутниковой информации установлен *массовый* характер распространения и широкий спектр разломно-трещинных дислокаций на разных глубинных срезах, показан преимущественно *субвертикальный* характер аномалий плотности РТЗ в юрской и нижнемеловой частях разреза.

Субвертикальные зоны трещинного разуплотнения низкопроницаемых пород, являясь элементами геофлюидодинамической системы месторождений и выполняющая роль флюидоводов, активно участвуют как в процессах формирования месторождений УВ (контролируют отток избыточного газа в выше лежащий пласт и, следовательно, размер залежи), так и в дальнейшем при их разработке. *Современная* миграция по зонам трещинного разуплотнения пластовых флюидов, находящихся в более жестких термодинамических условиях, подтверждается

наличием тепловых и гидродинамических аномалий, неоднородностью физических свойств и состава УВ (Новопортовское, Уренгойское месторождения и др.).

В качестве важнейшей научно-практической задачи освоения трудноизвлекаемых УВ следует рассматривать совершенствование методов прогноза зон повышенной проницаемости (трещинного разуплотнения) в плотных низкопроницаемых коллекторах.

Решение задачи прогноза зон повышенной продуктивности в межскважинном пространстве валанжин-юрских залежей на основе комплексного использования материалов спутниковых съемок, гидрогеологических и геолого-геофизических данных проиллюстрировано на примере Уренгойского, Новопортовского и Медвежьего месторождений.

Установлено влияние трещинного разуплотнения пород-коллекторов на величину дебитов пластовых флюидов поисково-разведочных скважин, вскрывших валанжин-юрские отложения. Выполнено картирование высокодебитных участков. Дан прогноз преимущественных направлений внутри- и межпластовых фильтрационных потоков флюидов.

ЭВОЛЮЦИЯ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ БАССЕЙНОВ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ АРКТИЧЕСКОГО ШЕЛЬФА РОССИИ

Н.О. Сорохтин, Н.Е. Козлов

ГИ Кольского НЦ РАН, г. Апатиты; sorokhtin@geoksc.apatity.ru

The estimation of prospects oil and gas of development of the West of the Russian Arctic regions directly depends on condition of its geodynamic evolution. In the article the questions of polyphasic development of this region and spatial-temporal laws of interaction of geodynamic process, have an effect on the accumulation of hydrocarbons in the sedimentary complexes of shelf seas, are examined.

Геодинамическая эволюция и формирование нефтегазового потенциала европейской части арктического шельфа России происходила в течение продолжительного отрезка времени, от рифея до мела, а в отдельных областях данный процесс продолжается и сегодня. Это привело к избирательному накоплению крупных, а местами и гигантских месторождений различных типов УВ сырья в приповерхностных областях земной коры. Изучение и анализ обширного геологического материала [1–3 и др.] позволяет выделить в пределах Баренцево-Карского региона четыре возрастных интервала нефтегазообразования, которые закономерно распределены в пространстве и отражают специфику развития континентальной коры и океанических бассейнов в его пределах (рис. 1).

К наиболее ранним потенциально нефтегазоносным образованиям региона следует относить развитые в зоне сочленения Русской плиты с Тимано-Печорской и Баренцевоморской литосферными плитами структурно-вещественные комплексы рифея (Варангер-Тиманская зона), которые представлены моноклинально залегающими осадочными толщами [1]. При этом, генерация углеводородов, по нашему мнению, связана с накоплением органики в толщах осадков пас-

сивной окраины континента в среднем рифее-венде (1350–620 млн лет), коей в то время была северная оконечность Русской плиты.

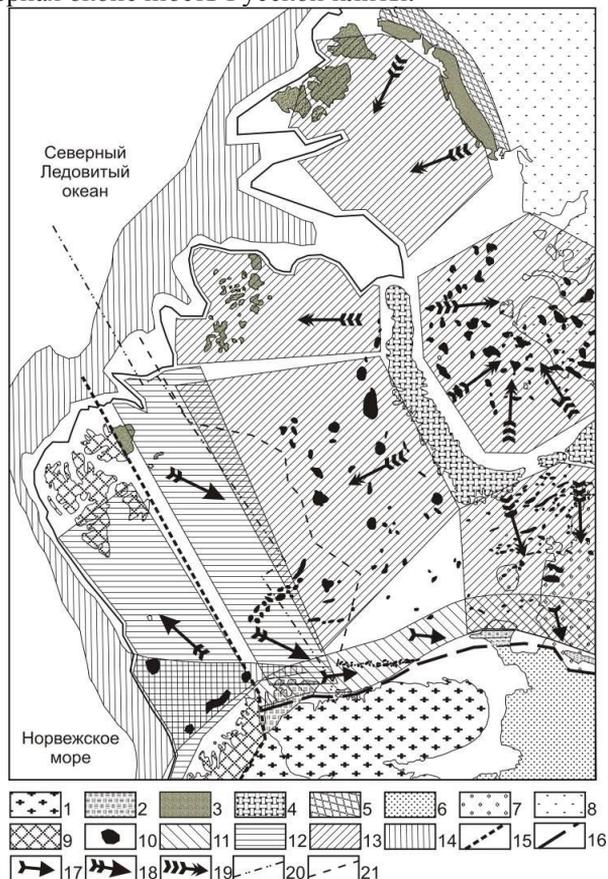


Рис. 1. Схема потенциальной нефтегазоносности Баренцевоморско-Карского шельфа России.

1 – фундамент Балтийского щита, архей; 2 – осадочные комплексы рифея и венда; 3 – фундамент Свальбардской и северо-Карской плит; 4 – Складчатые образования Урала и Новой Земли Урало-Монгольского пояса; 5 – складчатые образования п-ова Таймыр; 6 – чехольные комплексы Восточно-Европейской платформы; 7 – чехольные комплексы Печорской плиты; 8 – чехольные комплексы Западно-Сибирской и Сибирской платформ; 9 – складчатые образования каледонид Северо-Атлантического пояса; 10 – потенциально нефтегазоносные по геолого-геофизическим данным структуры и выявленные месторождения углеводородов; 11 – зона потенциальной нефтегазоносности рифей-вендского возраста; 12 – потенциально нефтегазоносные площади, связанные с закрытием океана Япетус, ранний ордовик – поздний девон (505–362 млн лет); 13 – потенциально нефтегазоносные площади, связанные с закрытием Палеоуральского океана, ранняя Пермь – ранний триас (290–241 млн лет); 14 – зона формирования углеводородов биогенного и газогидратного (абиогенного) типов на пассивной окраине континента, кайнозой (55–0 млн лет); 15 – линия ограничения складчатых образований каледонид Северо-Атлантического пояса на шельфе Баренцева моря; 16 – краевой шов Тимано-Варангерской системы окраино-континентального типа; 17–19 – направление миграции углеводородов, сформированных в рифее-венде (17), раннем ордовике – позднем девоне (18) и ранней перми – раннем триасе (19); 20 – граница ответственности арктического сектора России; 21 – срединная линия между территориями России и Норвегии

В позднем венде – раннем кембрии, около 620–540 млн лет назад произошло сочленение северной и северо-восточной оконечности ВЕП с Баренцево-Печорской плитой (БПП), которая впоследствии была разделена на Свальбардскую (Баренцевоморскую), Северокарскую и Печорскую [3]. При этом к северо-западу от нее еще существовал океан Япетус, сформированный после распада суперконтинента Мезогей [4]. Процесс приращения ВЕП протекал без интенсивной складчатости и магматизма, что указывает на касательное сдвиговое приращение или единой литосферной плиты, или серии эшелонированных островных дуг докембрийского возраста. Об этом свидетельствует неоднородный характер строения ее фундамента, выраженного в сопряжении участков коры континентального (гранитного) и субокеанического типов [5]. Это позволяет предположить, что формирование Баренцево-Печорской литосферной плиты происходило за счет последовательного приращения по крайней мере, двух-трех крупных островных дуг, разделенных фрагментом океанической литосферы. Подобная же картина наблюдается и в Северо-Карском сегменте плиты. В центральной ее части по геофизическим данным наблюдается крупная область с корой океанического типа [там же].

Установлено [6], что процессы формирования Тимано-Варангерской шовной зоны сопряжены с резким уменьшением мощности разреза в северо-западном (Кольско-Канинском) сегменте, тогда как в юго-восточном (Тиманском) наблюдаются ее увеличение. Сокращение мощности разреза достигает трех раз, в разрезе отсутствуют образования раннего рифея и лишь в самой юго-восточной части Тимано-Варангерской шовной зоны присутствуют осадки данного возраста [3]. Нами это связывается с правосторонне-сдвиговым сочленением двух литосферных плит, при котором разделяющий их океанический бассейн был закрыт без субдукционного поглощения на большей ее части.

При этом наиболее молодые фрагменты разреза шельфовых и континентально-склоновых образований Восточно-Европейской платформы были взброшены на край плиты, а частью срезаны, перемещены и сгружены в юго-восточном направлении. Более древние, раннерифейские комплексы, слагавшие нижние уровни склона и подножья пассивной окраины континента, скорее всего, были захоронены в подошве сформированной шовной зоны. Эти процессы привели к увеличению степени проявления складчатости и метаморфизма, вплоть до зеленосланцевой фации в пределах Канинской и Тиманской части разреза, а так же к проявлению контрастного магматизма от гранитоидного и гранодиоритового до габбро-диабазового на юго-востоке. Еще южнее (в Предуралье) эта зона переходит в конвергентную структуру, о чем свидетельствует вскрытый бурением комплекс магматических пород островодужного типа [3].

В результате закрытия океана Япетус в раннем ордовике – позднем девоне (505–362 млн лет) и формирования складчатой системы каледонид, возникли потенциально нефтегазоносные площади, локализованные в западной части Баренцевоморской плиты и к северу от Балтийского щита. Еще позже, при закрытии Палеоуральского океана в раннепермское – раннетриасовое время (290–241 млн лет) были сформированы нефтегазоносные области к западу и востоку от Уральской складчатой системы по линии Полярный Урал – Пай-Хой – Новая Земля – п-ов Таймыр. Четвертый и завершающий этап формирования нефтегазового потенциала региона связан с зоной накопления углеводородов как биогенного, так

и абиогенного (газогидратного) типов в основании материкового склона на пассивных окраинах Северного Ледовитого океана в кайнозое (55–0 млн лет).

Геодинамический анализ геолого-геофизических данных позволил выявить пространственно-временную неоднородность формирования нефтегазовых провинций запада Арктического шельфа России. Наряду с уже выявленными и частично разведанными областями в пределах шельфовой зоны и побережья Баренцева моря (Тимано-Варангерская шовная зона) можно с уверенностью предполагать нахождение еще одной нефтегазоносной площади, которая обладает самостоятельным и, скорее всего, весьма значительным потенциалом.

Данные исследования проводятся в рамках Программы Президиума РАН 14 проект № 1.3.4 и 23 № 1.3.4.

Литература

1. *Негруца В.З., Басалаев А.А., Чикирев И.В.* Баренцевоморский фосфоритовый бассейн. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 1993. 119 с.
2. Сейсмогеологическая модель литосферы Северной Европы: Лапландско-Печенгский район / Отв. ред. Н.В. Шаров. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1997. 225 с.
3. *Хаин В.Е.* Тектоника континентов и океанов (год 2000). М.: Научный мир, 2001, 606 с.
4. *Сорохтин О.Г., Ушаков С.А.* Глобальная эволюция Земли. М.: Изд-во МГУ, 1991. 446 с.
5. Объяснительная записка к тектонической карте Баренцева моря и северной части Европейской России масштаба 1:2 500 000. М.: Изд-во ин-та Литосферы, 1996, 94 с.
6. *Симонов А.П., Губерман Д.М., Яковлев Ю.Н., Снетко П.П., Митрофанов Ф.П., Любцов В.В., Предовский А.А., Припачкин В.А.* Рифейская нефть полуострова Рыбачий: миф или ключ к принципиально новому направлению нефтегазопоисковых работ на шельфе Баренцева моря? // Вестник МГТУ. 1998. Т. 1, № 2. С. 121-140.

ВРЕМЕННЫЕ ВАРИАЦИИ ЭМАНАЦИЙ ^{222}Rn КАК ИНДИКАТОР ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ЗЕМНОЙ КОРЫ

А.А. Спивак

Институт динамики геосфер РАН

The results of the measurements of volumetric activity of the subsoil radon A_R at the several Earth's crust plots are considered. Influence of the tectonic faults on the spatial zoning of radon emanations is shown. Temporal variations A_R are characterized by cyclic with periods about 1, 14 and 29 days, and changing of R amplitude in 1.5–2 times. Correlation analysis testify that temporal variations are determined by cyclic of the tidal deformations and baric variations in atmosphere.

Эманация газов является одним из важнейших элементов взаимодействия геосфер на границе земная кора-атмосфера. При этом интенсивность эманаций подземных газов характеризует не только источник, но также – фильтрационные свойства земного вещества, которые могут изменяться в результате геодинамических процессов.

Состав эманацирующих газов зависит от конкретного участка земной коры и характеризуется, как правило, наличием H_2 , N_2 , CO_2 , паров воды, а также рядом углеводородных соединений CH_4 , C_2H_6 , C_2H_4 и другими. Характерной особенно-

стью подземных газов является наличие в них небольшого количества изотопов, среди которых особое место занимает изотоп радона ^{222}Rn .

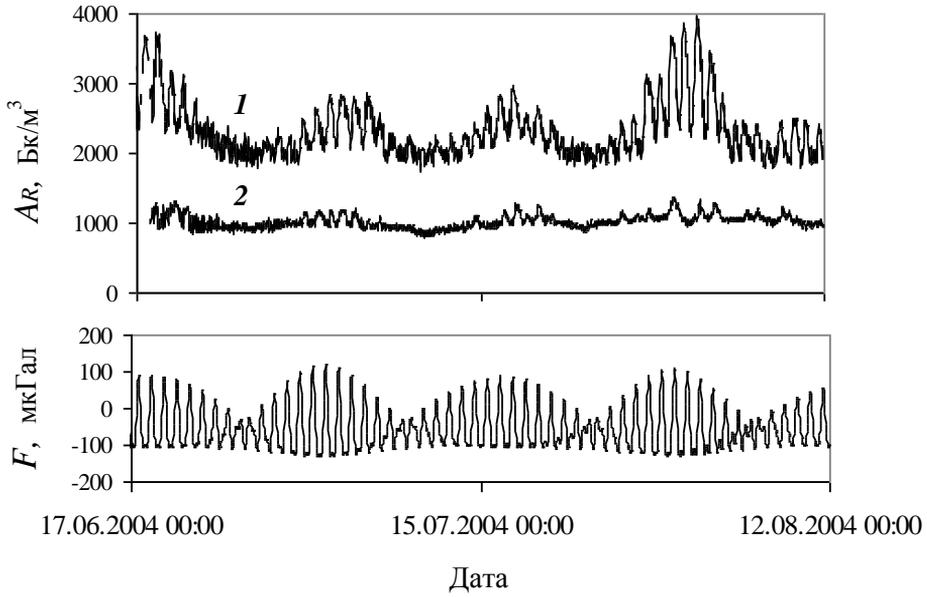


Рис. 1. Вариации объемной активности почвенного радона в пунктах, расположенных на срединном участке Нелидово-Рязанской тектонической структуры (1) и в примыкающем к ней структурном блоке (2)

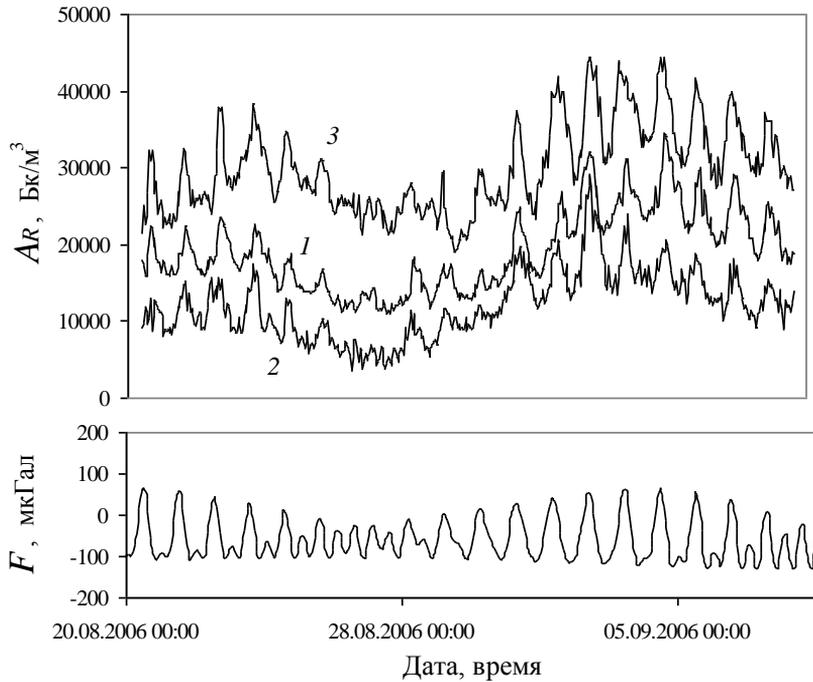


Рис. 2. Вариации объемной активности подпочвенного радона в пунктах 1-3, расположенных на разных участках Ногинского разлома

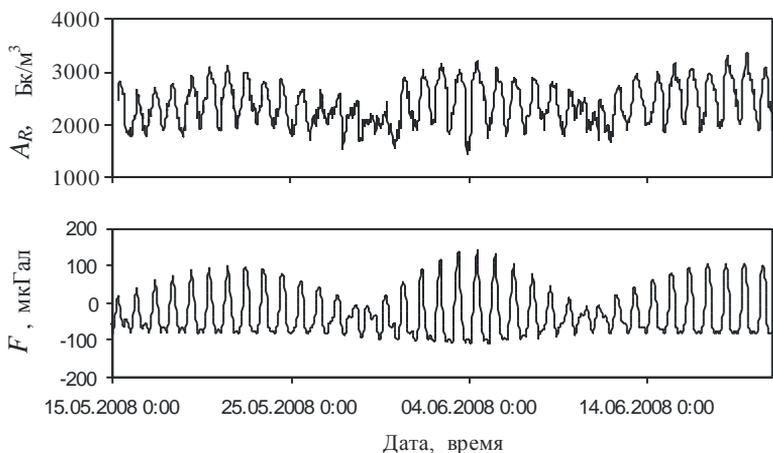


Рис. 3

Повсеместное распространение радона в земной коре, непрерывность генерации в урансодержащих геологических формациях, а также его особые свойства: невысокая химическая активность, простота регистрации вследствие его радиоактивности, небольшое время полураспада $T_0 = 3,824$ сут – все это делают его оптимальным индикатором современных геодинамических процессов, протекающих в земной коре. При этом, несмотря на весьма малое содержание радона в общем газовом потоке (около $10^{-16} - 10^{-18} \%$) интенсивность его эманацій может служить характеристикой эманації и других газов. Последнее связано с механизмом миграции природного радона: весьма обоснованным представляется утверждение, что достаточно тяжелый радон переносится к земной поверхности путем захвата пузырьками водорода и метана.

В настоящей работе приводятся результаты регистрации и анализа объемной активности подпочвенного радона A_R на нескольких участках земной коры.

Измерения показывают, что наряду с хорошо известными особенностями пространственного распределения A_R (эманація газа существенно выше в зонах разломов земной коры) повсеместно наблюдаются ярко выраженные временные вариации A_R . При этом указанные вариации характеризуются закономерными периодичностями и цикличностью, которая представлены последовательным увеличением и уменьшением амплитуды вариаций

В качестве примеров на рис. 1 и 2 приведены результаты регистрации вариаций объемной активности подпочвенного радона для некоторых участков земной коры. В частности, на рис. 1 представлены уникальные результаты, полученные в период высокой долговременной стабильности метеоусловий, когда влияние барических вариаций в атмосфере на эманационный процесс можно исключить.

Наличие ярко выраженных периодичностей во временных вариациях объемной активности радона в подпочвенной атмосфере (рис.1 и 2) позволяет установить наиболее вероятную причину изменения проницаемости среды со временем.

Полученные данные свидетельствуют о том, что во всех без исключения пунктах регистрации наблюдается околосуточная периодичность A_R , которая подтверждается повторными измерениями, выполненными через большой промежуток времени. Причем, околосуточные вариации объемной активности подпочвенного радона близки по характеру (как это видно из рис. 1 и 2) к временным изменениям приливной силы F , правда, с некоторым запаздыванием ΔT , величина которого для разных пунктов может составлять от 1 до 10 час.

Одновременно с околосуточной периодичностью в зонах влияния крупных тектонических структур отчетливо проявляется двухнедельная цикличность вариаций A_R , представленная последовательным увеличением и уменьшением амплитуды околосуточных вариаций, и которая также хорошо согласуется с двухнедельными вариациями приливной силы F .

Повсеместное наличие околосуточных и двухнедельных вариаций A_R , а также их хорошая корреляция с вариациями приливной силы (коэффициент линейной корреляции при сдвиге на время запаздывания ΔT достигает величины 0,78 при значимости 0,95) позволяют сделать заключение, что указанные периодичности временных вариаций объемной активности подпочвенного радона с высокой вероятностью связаны с приливными деформациями приповерхностного слоя земной коры. Это неудивительно, так как возможная величина приливных деформаций на каналах миграции газов в верхнем слое земной коры (в первую очередь это – тектонические разломы) с учетом концентрации деформаций на тектонических нарушениях может достигать 10^{-7} , а в отдельных случаях 10^{-6} [1].

Анализ результатов выполненных инструментальных наблюдений позволяет сделать следующие выводы:

1. Объемная активность подпочвенного радона в зонах тектонических разломов существенно превышает эти значения на срединных участках структурных блоков, что закономерно объясняется более высокой проницаемостью разломных зон.
2. Амплитуда вариаций A_R существенно выше в зонах влияния разломов.
3. Объемная активность подпочвенного радона может изменяться в течение суток в 1.5–2 раза.
4. Объемная активность подпочвенного радона отличается не только для разных участков земной коры, но также для разных участков одной и той же тектонической структуры.
5. С учетом значительных суточных и двухнедельных вариаций радоновых эманий можно утверждать, что для характеристики фильтрационных и механических свойств среды по величине A_R (особенно при сопоставительных оценках свойств разных участков земной коры) нельзя привлекать данные единоразовых измерений. Для этих целей необходимы достаточно продолжительные наблюдения.

Литература

1. Кочарян Г.Г., Сивак А.А. Динамика деформирования блочных массивов горных пород. М.: Академкнига, 2003. 423 с.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ НЕУПРУГОЙ ДЕФОРМАЦИИ В ГЕОСРЕДЕ В РАЗНЫХ РЕЖИМАХ

Ю.П. Стефанов

Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, г. Томск, пр. Академический, 2/4.
stefanov@ispms.tsc.ru, yu_st@rambler.ru

In the work, a mathematic model is proposed and used in numerical analysis of different modes of deformation and fracturing in geomaterials. It is shown influence of depth, mean pressure and rock porosity in mode of localization deformation.

В рамках предложенных моделей рассмотрен ряд задач, иллюстрирующих важнейшие особенности развития упруго-хрупкопластической деформации в геосреде. Показано влияние глубины, давления и пористости среды на характер локализации деформации.

Важной составляющей в поиске и разработке месторождений являются знания о деформационных процессах в геосреде. Исследование процессов деформации на различных глубинах, даже там, где это осуществимо, чрезвычайно сложная и затратная задача. Поэтому, наряду с экспериментальными методами, большое значение имеет математическое моделирование поведения геосреды в различных условиях. Такие исследования, несмотря на, нередко, модельный характер, позволяют получить необходимые оценки влияния тех, или иных факторов на процесс деформации и выполнить проверку гипотез о протекающих процессах.

В зависимости от условий (напряженного состояния, давления флюида, температуры и др.), а также структуры среды (минерального состава, пористости, размера зерен и др.) деформация может развиваться в различных режимах. Сдвиговая деформация за пределом упругости сопровождается объемными изменениями и сильно зависит от давления. В случае плотной среды образованию крупных трещин, разломов, как правило, предшествует разрыхление, рассеянное накопление микротрещин с увеличением объема и ростом пористости и последующая локализация деформации. В высокопористой среде увеличение давления приводит к разрушению зерен. Их обломки забиваются в поры, поровое пространство сокращается и снижается проницаемость среды. В этом случае могут формироваться зоны локализованного уплотнения и сдвига с уплотнением.

Различие в поведении плотных и высокопористых средах при большом давлении, проявляется также в ориентации полос локализации деформации. В плотных, а также в высокопористых материалах при давлении ниже порогового, полосы локализации образуют угол менее 45° к оси наибольшего сжатия. В высокопористых средах при больших давлениях этот угол превышает 45° . Нередко плоскость локализованного уплотнения ориентирована ортогонально оси наибольшего сжатия. Таким образом, структура и ориентация разломов могут зависеть не только от направления осей главных напряжений, но также от величины среднего напряжения и пористости среды. Существование порогового напряжения в пористых средах, при котором начинается снижение эффективной прочности и дилатансия меняет знак, может проявиться на кривой зависимости прочности от глубины. Тогда на соответствующих глубинах будут наблюдаться участки расслоенного и уплотненного материала.

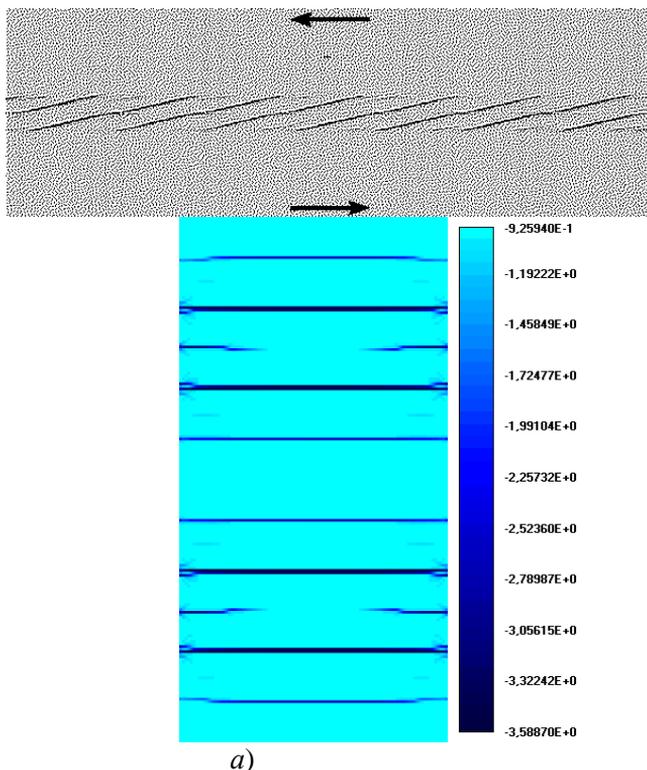


Рис. 2. Полосы локализованного *а)* сдвига в горизонтальном сечении на глубине 1 км, *б)* уплотнения а пористом образце при сжатии. Распределение неупругой объемной деформации

осуществлялось в рамках модели построенной на основе модифицированных моделей Друккера–Прагера–Николаевского [5–7] и Рудницкого [8, 9]. Процессы деформирования рассматривались в двумерной постановке для условий плоской деформации.

Литература

1. Стефанов Ю.П. Локализация деформации и разрушение в геоматериалах. Численное моделирование // Физ. мезомех. 2002. Т. 5. № 5. С. 107–118.
2. Стефанов Ю.П. Некоторые особенности численного моделирования поведения упруго-хрупкопластичных материалов // Физ. мезомех. 2005. Т. 8. № 3. С. 129–142.
3. Стефанов Ю.П. Численное моделирование деформирования и разрушения горных пород на примере расчета поведения образцов песчаника // ФТПРПИ. 2008. № 1. С. 73–83.
4. Уилкинс М.Л. Расчет упругопластических течений // Вычислительные методы в гидродинамике. М.: Мир, 1967. С. 212–263.
5. Николаевский В.Н. Определяющие уравнения пластического деформирования сыпучей среды // ПММ. 1971. Т. 35. Вып. 6. С. 1017–1029.
6. Николаевский В.Н. Механические свойства грунтов и теория пластичности // Механика твердых деформируемых тел. Т. 6. Итоги науки и техники. М.: ВИНТИ АН СССР, 1972. С. 5–85.

7. *Гарагаи И.А., Николаевский В.Н.* Неассоциированные законы течения и локализации пластической деформации // *Успехи механики*. 1989. Т. 12. № 1. С. 131–183.

8. *Rudnicki J.W.* Shear and compaction band formation on an elliptic yield cap // *J. Geophys. Res. B*. 2004. V. 109. P. 03402. – doi:10.1029/2003JB002633.

9. *Grueschow E., Rudnicki J.W.* Elliptic yield cap constitutive modeling for high porosity sandstone // *Int. J. Solids Struct.* 2005. V. 42. P. 4574–4587.

ЭВОЛЮЦИЯ ГАЗОГИДРАТНЫХ СКОПЛЕНИЙ В УСЛОВИЯХ АНОМАЛЬНО ВЫСОКОГО ПОРОВОГО ДАВЛЕНИЯ В НАКАПЛИВАЮЩИХСЯ ОСАДКАХ

Е.И. Суетнова

Институт физики Земли им. О.Ю.Шмидта РАН. Москва

Gas hydrate deposits evolution is investigated by mathematical modeling. It is shown numerically that hydrate accumulation rate is higher in case of overpressures sediments, than in normal pressured one. Hydrate saturation is dependent on dimensionless time. GHSZ are affected by changes in sea level. As a result of such overburden pressure decreasing the excess pressure is generated below BSR. Our calculation show that the resulting excess pressure leads to hydro fracturing in the case of preexisting over hydrostatic pressure in accumulated sediments.

К настоящему времени различными геофизическими методами (в основном сейсмическими) выявлено более 100 площадей проявлений газовых гидратов в осадках [Kleinberg, Flaum, Griffin et al., 2003] и это число постоянно увеличивается. Газовые гидраты в естественных условиях встречаются как кристаллические образования из газа (главным образом метана) и воды, подобные льду, которые стабильны в определенном диапазоне давления и температуры [Sloan, 1997]. Благоприятные для образования и стабильности газовых гидратов давления и температуры широко распространены в структурах океанского дна и областях вечной мерзлоты. Накопление газовых гидратов в осадочной толще зависит от течения базовых процессов тепломассопереноса, формирующих P-T условия стабильности гидратов, и от течения процессов, обеспечивающих поступление газа в зону стабильности гидратов. Проведенные к настоящему времени исследования поддерживают гипотезу, что гидраты образуются из биогенного и термогенного газа, который транспортируется в зону стабильности гидратов с коровым флюидом [Hyndman, Davis, 1992; BenClennel, Novland, Booth et al, 1999]. Было показано, что локализация газовых гидратов и гидратонасыщенность зависят от потоков флюида и газа и теплового режима осадков [Rempel, Buffett, 1997]. Однако, существовала необходимость анализа образования газовых гидратов в рамках более полной модели, так как потоки флюида в пористой среде осадков контролируются процессом накопления и уплотнения осадков [Suetnova, Vasseur, 2000; Суетнова, Чернявский, 2001; Суетнова, 2003], что необходимо учитывать при моделировании аккумуляции газовых гидратов. Экспериментальные геофизические исследования [Hall, 1993] и результаты математического моделирования [Suetnova, Vasseur, 2000; Суетнова, Чернявский, 2001; Суетнова, 2003] показали,

что в процессе уплотнения осадков при наращивании их мощности происходит формирование различных режимов фильтрации насыщающего флюида, с гидростатическим и надгидростатическим градиентом давления насыщающего флюида. Было показано, что уровень порового давления, формирующийся в осадках, зависит от значения безразмерного характеристического комплекса $V = V_0 / (L/T) = V_0 \mu / \Delta \rho g k_0 m_0^3$, где V_0 – скорость осадконакопления. V является параметром подобия соответствующей математической системы уравнений в частных производных, описывающей механику процесса уплотнения наращиваемых осадков [Suetnova, Vasseur, 2000]. На рис. 1 показаны в безразмерном виде результаты модельных расчетов накопления газовых гидратов в осадках при различных уровнях порового давления, формирующегося в осадках в результате осадконакопления.

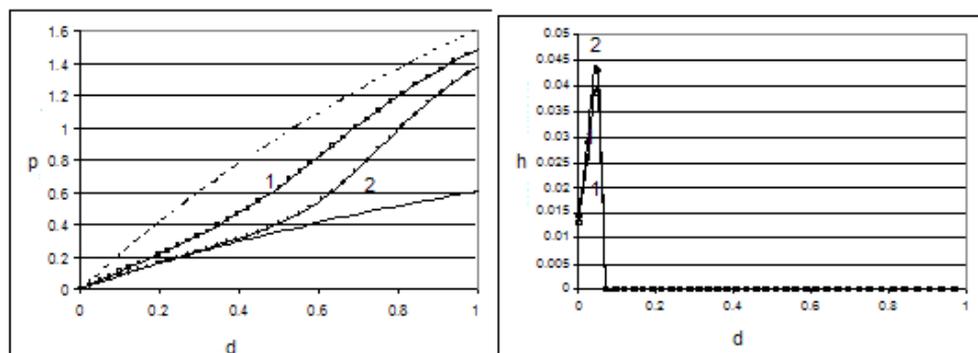


Рис. 1. Слева: распределение порового давления p по глубине d ; кривая 1 – расчетное давление для $V = 0.58$; кривая 2 – расчетное давление для $V = 0.058$.

Справа: Кривая 1 – расчетная гидратонасыщенность h для $V = 0.58$. Кривая 2 – расчетная гидратонасыщенность h для $V = 0.058$

Моделирование процесса накопления газовых гидратов из растворенного в поровом флюиде газа при накоплении и уплотнении осадков вязко-упругой реологии показало, что для случая формирования в процессе накопления и уплотнения осадков надгидростатического порового давления в приповерхностном погранслое, накопление газовых гидратов происходит быстрее, чем в случае формирования в погранслое гидростатического давления насыщающего флюида [Суетнова, 2009]. Скорость гидратонакопления зависит от значения безразмерного комплекса $V = V_0 / (L/T) = V_0 \mu / \Delta \rho g k_0 m_0^3$, где V_0 – скорость осадконакопления. Финальная гидратонасыщенность в зоне РТ стабильности газовых гидратов зависит от параметра «безразмерное время» процесса, являющегося нелинейной комбинацией реального времени процесса и физических, гидродинамических и реологических свойств осадков. При изменении условий осадконакопления на поверхности осадков, таких как изменение глубины акватории или температуры поверхности осадков, происходит изменение положения зоны стабильности газовых гидратов GHSZ. Понижение уровня водоема на 30 м вызывает подъем нижней границы стабильности гидратов на 10 см при глубине акватории больше 1500 м. Происходящее при этом разложение газовых гидратов на нижней границе стабильности приводит к дополнительному повышению порового давления в обла-

сти разложения гидратов за счет выделения свободного газа. Этот процесс контролируется скоростью тепловой релаксации среды и проницаемостью осадков. Модельные расчеты показывают, что при надгидростатическом градиенте порового давления в осадках разложение газовых гидратов на нижней границе вследствие изменения внешнего давления может привести к образованию гидроразрывов, что не происходит при гидростатическом поровом давлении. Существование таких гидроразрывов было ранее предположено на основании интерпретации результатов сейсмических исследований [Zuhlsdorff, Spiess, 2004]. Эти гидроразрывы могут служить каналами поступления свободного газа на поверхность осадков.

Литература

Суетнова Е.И., Чернявский В.М. О течении свободного флюида в вязкодеформируемой пористой среде с подвижной границей // Механика жидкости и газа. 2001. №1. С. 136-144.

Суетнова Е.И. Уплотнение неоднородных осадков вязко-упругой реологии // Физика Земли. 2003. № 1. С. 77-83.

Суетнова Е.И. Особенности аккумуляции газовых гидратов при различных уровнях флюидного давления, формирующегося в осадках при их накоплении // Геофизические исследования. Т. 10. 2009. № 2. С. 69-77.

Clennell M.B., Hovland M., Booth J.S., Henry P., Winters W.J. Formation of natural gas hydrates in marine sediments: 1. Conceptual model of gas hydrate growth conditioned by host sediment properties // J. Geophys. Res. 1999. V. 104. P. 22,985–23,003.

Kleinberg R.L., Flaum C., Griffin D.D., Brewer P.G., Malby G.E., Peltzer E.T., Yesinowski J.P. Deep sea NMR: Methane hydrate growth habit in porous media and its relationship to hydraulic permeability, deposit accumulation, and submarine slope stability // J. Geophys. Res. 2003. V. 108. N B10. 2508, doi:10.1029/2003JB002389.

Hall P.L. Mechanisms of overpressuring: an overview // Geochemistry of Clay-Pore Fluid Interactions / Ed. by D.A.C. Manning and C.R. Hughes. London: Chapman&Hall, 1993. P. 265-315.

Rempel A., Buffett B.A. Formation and accumulation of gas hydrate in porous media // J. Geophys. Res. 1997. V. 102. P. 10,151–10,164.

Sloan E.D., Jr. Clathrate Hydrates of Natural Gases. 2nd ed., rev. and expanded. 1998. 754 p. CRC Press, Boca Raton, Fla.

Suetnova E.I., Vasseur G. 1-D modelling rock compaction in sedimentary basin using viscoelastic rheology // Earth Planet. Sci. Lett. 2000. V. 178. P. 373-383.

Zuhlsdorff L., Spiess V. Three-dimensional seismic characterization of a venting site reveals compelling indications of natural hydraulic fracturing // Geology. 2004. V. 32. P. 101–104.

ГЛУБИННАЯ ДЕГАЗАЦИЯ, АНОМАЛЬНАЯ ПОГОДА И КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ

В.Л. Сывороткин

Геологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова
119992 Москва ГСП-2 Ленинские горы

The main reason of weather anomalies and climatic changes is the fluctuations of the general maintenance of ozone in atmosphere. The reasons of such fluctuations are the emis-

sions of the deep destroying ozone gases (hydrogen and methane) and variations of a geomagnetic field.

В период с 7 по 19 декабря 2009 г. в Копенгагене проходила «Конференция по предотвращению глобального потепления и изменения климата» (2009 United Nations Climate Change Conference). Она была посвящена выработке нового документа по ограничению вредных выбросов, заменяющего Киотский протокол, срок действия которого истекает в 2012 г. В работе конференции приняли участие 30 тыс. человек, из них более 60 глав государств и правительств, в том числе и президенты РФ и США. Копенгагенской конференции предшествовала конференция ООН по изменению климата в Индонезии в 2007 г. (The United Nations Climate Change Conference). Специально для нее межправительственная группа экспертов по изменению климата (Intergovernmental panel on climate change, IPCC) подготовила оценочный доклад под названием «Изменение климата 2007» (Climate Change 2007), или AR4 (Fourth Assessment Report), в котором указывала на существование глобального потепления, вызванного деятельностью человека, в первую очередь выбросами в атмосферу углекислого газа. Однако закончилась столь подготовленная конференция провалом – соглашения о продлении ограничительных мер на выбросы углекислого газа в атмосферу не были подписаны.

Более того, в дни работы конференции в средних широтах Северного полушария установилась очень холодная погода. В первых числах января в Европу пришли небывалые морозы и снегопады. В некоторых районах Англии температура опустилась до -18°C . Остановились из-за снега поезда в туннеле под Ла-Маншем. Барак Обама, вернувшийся из Копенгагена, с огромным трудом добрался из аэропорта домой из-за снежных заносов. Морозы и снегопады со дня открытия Копенгагенской конференции охватили все Северное полушарие, точнее его средние широты. Они добрались до Флориды, Индии, Китая, Японии... Адекватного объяснения этим катаклизмам метеорологи до сих пор не дали. Мы же полагаем, что причина холодов – положительные аномалии общего содержания озона (ОСО). После долголетнего дефицита, ОСО восстановилось, а во многих местах и превысило норму. Как результат – задержка солнечного излучения в стратосфере, выхолаживание тропосферы, конденсация (кристаллизация) влаги и рост давления. Массы холодного сухого воздуха сформировали малоподвижные антициклоны. Повышение ОСО, возможно, было вызвано флуктуациями геомагнитного поля. Вопрос этот требует специального изучения.

В то же время в высоких широтах Северного полушария наблюдались устойчивые отрицательные аномалии ОСО (озоновые дыры), вызванные выбросами глубинного водорода. Здесь появлялись «пятна» аномального тепла. Большая их часть пришлась на периферию Ледовитого океана. Теплые аномалии отмечены в Канаде, на севере Норвегии, на Таймыре и Чукотке, в Магадане.

Пространственная корреляция погоды с аномалиями ОСО очевидна: кольцо положительных аномалий в средних широтах, и там аномальный холод; в центре над полярной областью – дефицит озона, и там – аномальное тепло. Примечательно, что одновременно с ростом приземной температуры на первые градусы фиксируется выхолаживание стратосферы на десятки градусов. Такая структура поля ОСО в общих чертах держалась всю зиму. Она определила парадоксальные температурные рекорды: «Перевернутое» распределение температуры прослеживается по двум рекордам с разными знаками, которые отмечались 19 января на

одном меридиане, но в разных широтах. Так, на острове Диксон установлен рекорд тепла ($-1,1$ °C), а в Барнауле обновлен рекорд холода ($-41,6$ °C). Интересно, что и там, и там отклонения температуры от нормы превышали 20 °C. На острове Диксон средняя суточная температура составила $-2,4$ °C и соответствовала климатической норме Краснодара. А в Барнауле этот же показатель составил $-38,6$ °C и соответствовал климатической норме Якутска.

В европейской части России осенью 2009 г. озоновый слой был сильно разрушен, соответственно погода была аномально теплой. 3 декабря был установлен температурный рекорд для московского региона $+8$ °C. Снег выпал только 7 декабря (в день открытия Копенгагенской встречи), причем неожиданно. В Москве обильный снегопад вызвал транспортный коллапс и резкую критику в адрес метеорологов за их неумение предсказывать резкие перемены погоды хотя бы за несколько часов. Метеорологи не смогли понять причину синхронного повышения давления и обильного снегопада. Отметив начало роста атмосферного давления, они объявили о приближении Скандинавского холодного и бесснежного антициклона. На самом деле произошло повышение ОСО на месте, что и вызвало синхронные осадки и рост давления.

Особенного внимания требуют стыки воздушных масс с контрастными значениями ОСО, т.к. на контакте положительных и отрицательных аномалий (т.е. воздушных масс с резко различными Р-Т характеристикам), могут развиваться катастрофические явления – в первую очередь, ливневые осадки. Именно такова причина ливневых дождей и вызванных ими наводнений, оползней в Албании, на Синае, в Израиле, Египте (начало января 2010 г.). Так же на стыке контрастных аномальных полей ОСО прошли небывалые снегопады на восточном побережье США в начале февраля 2010 г. Они на несколько дней парализовали жизнь практически повсеместно от Вашингтона до Нью-Йорка. Высота снежного покрова в американской столице достигла рекордного за последние 110 лет уровня в $139,4$ см. Та же конфигурация поля ОСО вызвала рекордный снегопад в Москве 19 февраля 2010.

Таким образом, зима 2009–2010 гг. в Северном полушарии ярко подчеркнула контрастность погодных процессов. Сходная синоптическая картина наблюдалась и зимой 2000–2001 гг., когда на фоне аномально теплой погоды в Северном Ледовитом океане на сопряженной территории Сибири и Дальнего Востока свирепствовали 50-градусные морозы. Стихийным бедствием на юге России в начале января 2002 г. обернулось резкое (практически за несколько часов) падение температуры до -30 °C в Крыму и в Краснодарском крае, которое буквально через сутки вновь сменилось резким потеплением. Автор утверждает, что в настоящее время более корректно говорить не о глобальном потеплении, о резко возросшей контрастности погодных и климатических процессов.

На климатическом уровне ярким подтверждением такой контрастности является феномен Эль-Ниньо, то есть квазипериодичное повышение температуры воды на несколько градусов в экваториальной части на востоке Тихого океана. Разогрев этот продолжается несколько месяцев, но потом сменяется резким и сильным (несколько градусов ниже нормы) охлаждением воды на обширной территории (эпизод Ла-Нинья).

Мы полагаем, что вышеописанную контрастность в распределении энергетических потоков на поверхности планеты вызвана синхронными процессами разрушения и созидания озонового слоя, которые фиксируются инструментально. Озоновый слой, то есть область стратосферы с повышенной концентрацией мо-

лекул озона, способен поглощать не только солнечный ультрафиолет, но и собственно тепловое (инфракрасное) излучение. За счет этого поглощения происходит разогрев стратосферы от примерно $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ в нижнем слое (11–25 км) до $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ в стратопause (50–55 км). Естественно, что при разрушении озонового слоя избыточное солнечное излучение будет достигать и нагревать земную поверхность, нижние слои атмосферы и поверхность океана, а стратосфера над озоновой аномалией будет выхолаживаться. Озоновый слой активно поглощает инфракрасное излучение с длиной волны около 957 нм, а именно вблизи этого значения лежит и максимум собственного теплового излучения Земли. То есть озоновый слой в нормальном состоянии не дает земному теплу уходить в космическое пространство. При разрушении озонового слоя в дневное время, когда светит солнце, через озоновые дыры к поверхности Земли приходит избыточное тепло, а ночью через те же дыры Земля интенсивно теряет это тепло. Образно говоря, озоновый слой играет роль не экрана, а одеяла, которое укутывает Землю и, с одной стороны, защищает ее от перегрева, когда светит солнце, а с другой – задерживает земное тепло, когда его нет. Если толщина озонового «одеяла» будет изменяться, а тем более в нем появятся дыры, это неизбежно приведет к аномальным изменениям энергетических потоков. Сказанное и определяет климатическую роль озонового слоя. Очень важно, что озоновый слой, нагревая стратосферу, блокирует конвективный вынос тепла из тропосферы, чем и создает «парниковый» эффект в нижней атмосфере, так как играет роль, похожую на роль прозрачной крыши в теплице.

Причиной разрушения озонового слоя, наблюдающегося в последние годы, является усиление глубинной водородно-метановой дегазации [3]. Выбросы этих восстановительных озоноразрушающих газов достигают стратосферных высот, где проходит «водородный» цикл разложения озона. Он прерывается образованием воды, которая, замерзая, превращается в лед и образует под озоновыми аномалиями полярные стратосферные облака. Обладая высокой отражательной способностью, они при массовом развитии могут существенным образом повысить альбедо планеты, что в совокупности с резким усилением конвективного выноса тепла из тропосферы в стратосферу может вызвать глобальное похолодание, вплоть до оледенения [2]. Скорее всего, и современные контрастные климатические аномалии, которые получили название «глобального потепления», завершатся реальным глобальным похолоданием.

Попытки ИРСС обвинить углекислый газ в глобальных пароксизмах погоды и климата выглядят совершенно неубедительно. По оценке выдающегося отечественного климатолога академика К.Я. Кондратьева, который сам много лет занимался разработкой математических моделей, учитывающих роль парниковых газов, расхождение в оценках глобальных потоков углерода у различных авторов достигает 100 %. Факт, который говорит о невозможности на современном уровне знания достоверно рассчитать глобальную динамику CO_2 и, следовательно, указать объективные причины для принятия решений, аналогичных Киотскому протоколу. Тот же вывод касается и других парниковых газов: CH_4 и N_2O [1].

Литература

1. Кондратьев К.Я., Крапивин В.Ф. Моделирование глобального круговорота углерода. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. 336 с.

2. *Маракушев А.А.* Происхождение Земли и природа ее эндогенной активности. М.: Наука, 1999. 255 с.

3. *Сывороткин В.Л.* Глубинная дегазация Земли и глобальные катастрофы. М.: ООО «Геоинформцентр», 2002. 250 с.

ГЛУБИННАЯ ДЕГАЗАЦИЯ И ВЗРЫВЫ НА ШАХТАХ

В.Л. Сывороткин

Геологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова
119992 Москва, ГСП-2 Ленинские горы

The reason of catastrophic mine explosions is the strong hydrogen-methane outbursts from the Earth's core.

В последние годы после серии катастроф на угольных шахтах Кузбасса и Донбасса стало очевидно, что об истинных причинах взрывов газа на шахтах мы знаем непозволительно мало. Весьма показательны обстоятельства взрыва на шахте «Ульяновская» в Кемеровской области 19 марта 2007 г. Самая новая шахта Кузбасса, введенная в строй в 2002 г., была оборудована новейшей импортной сигнально-блокировочной противогазовой системой. В день трагедии в забой спустилось шахтное начальство и иностранные специалисты, что, казалось бы, гарантировало максимальное соблюдение техники безопасности горнопроходческих работ. И все-таки газ взорвался, погибло 110 человек, включая руководство. Аппаратура, на первый взгляд, сработала должным образом, она зафиксировала резкий рост концентрации метана и автоматически отключила электричество, поэтому дальнейшее поведение метана не было зафиксировано. В том же 2007 г. необъяснимой с официальной точки зрения оказалась серийность катастрофических взрывов на угольных шахтах Донбасса (в том числе и на неработающих).

Традиционно считается, что газовые выбросы происходят из небольших полостей, расположенных в угольных пластах, а природа содержащегося в них газа – метаморфическая. Эта точка зрения, вошедшая во все учебники и энциклопедии, базируется на очевидных фактах – угольные пласты насыщены газом, а метаморфизм (изменение под действием температуры и давления) органического материала способен продуцировать метан. Исходя из этих общепринятых воззрений на природу шахтных газов и причину их взрывов, при разработке методов прогноза шахтных взрывов и выбросоопасности угольных пластов изучаются характеристики и параметры углей, угольных пластов и вмещающих их горных пород. Исследуются трещиноватость, прочность, фракционный состав, газоёмкость и газопроницаемость, давление газа в угольном пласте, начальная газоотдача проб угля, газовыделение из скважин и шпуров, макропетрографический состав углей, его электросопротивление и т.д. Однако кардинального прогресса в деле предсказания шахтных аварий и катастроф не наблюдается. Более того, число взрывов газа в шахтах и число жертв этих взрывов в последние годы неуклонно растёт.

Рассмотрим проблему с иной точки зрения. Напомним, что 19 марта 2007 г. пришлось на новолуние. За день перед этим произошел взрыв газа на шахте в Китае, в Европе – землетрясение. 19 марта дата близкая к весеннему равноденствию,

она отмечает положение Земли на околосолнечной орбите. Аналогом ее является точка осеннего равноденствия, которую Земля прошла 22 сентября 2006 г. В этот день, который также пришелся на новолуние, на двух донецких шахтах произошли взрывы и воспламенения газа с человеческими жертвами. На следующий день 23 сентября в результате аварии на шахте им. Засядько погибли 13 горняков.

Сказанное подтверждает давний вывод, сделанный еще в начале 80-х годов прошлого века отечественными геологами Н.И. Хитаровым и Г.И. Войтовым [11]. При статистической обработке данных по взрывам газа и выбросов угля на шахтах Донбасса в период с 1947 г. по 1963 г. ими было установлено, что аварии такого рода происходят в 15 раз чаще в дни, близкие к полнолунию и новолунию. Примерно через двадцать лет С.Ю. Приходько [6] обработал данные уже по 8000 внезапных выбросов угля и газа на шахтах Донбасса, произошедших в период с 1951 г. по 1996 г., и выяснил, что при положении Луны в перигее происходит 54% выбросов, а при положении в афелии – 24%. О.И. Чернов и В.Н. Пузырев [12] в 1979 г. установили, что коэффициент корреляции между частотой внезапных выбросов угля и газа на шахтах и показателем солнечной активности – числами Вольфа равен 0,8. Позже С.Ю. Приходько установил значимую корреляцию внезапных выбросов угля на шахтах со скоростью вращения Земли.

Эта очень серьезная статистика заставляет задуматься о причинно-следственных связях шахтных взрывов и перечисленных выше параметров ближнего космоса. Ведь глубокометаморфизованные угли уже не способны продуцировать метан, поэтому законсервированный в них газ должен вести себя относительно пассивно. Выбросы его могут происходить локально при вскрытии полостей проходческими работами. Временной закономерности и связи с параметрами Земли как космического тела в распределении таких выбросов не должно наблюдаться.

Обратим внимание, что вышеупомянутые исследователи процесса дегазации Земли Г.И. Войтов и Н.И. Хитаров, прежде чем изучать связь шахтных взрывов с фазами Луны, обнаружили такую корреляцию при изучении выделения метана в рудниках Хибинского массива, где добываются апатитовые руды. Уникальность этого массива состоит в том, что из магматических пород выделяются огромные массы метана, водорода и других газов. Очевидно, что здесь он образуется не из угольных пластов. Проведенные нами в 2001–2003 гг. совместно с коллегами из Геологического института КНЦ РАН (В.А. Нивин) исследования пространственного распределения потоков водорода и метана на Хибинском и Ловозерском массивах Кольского полуострова [8] показали, что основными зонами разгрузки газов являются разломные зоны. Факт, который свидетельствует о глубинной природе газов, потоки которых являются транзитными, а их источник находится на больших глубинах. Поминутный мониторинг концентрации подпочвенного водорода на Хибинском массиве на протяжении 5 лет (2005–2010 гг.) подтвердил выводы предыдущих исследователей, сделанные при изучении выделения метана, – пики концентраций газа коррелируют с фазами Луны [10].

Вернемся к угольным шахтам и предположим, что и здесь взрывается не метан, выделившийся из угольных пластов, а водородно-метановый поток глубинной природы. Отметим, что представления о глубинной природе метанового потока уже докладывались на нашей конференции коллегами из Кузбасса [5]. Однако, присутствие в газовом выбросе водорода – обстоятельство, которое пока не учитывается при анализе причин шахтных взрывов, хотя обнаружено оно давно

[1, 3], да и мы писали об этом [9], в том числе и в центральных СМИ [4, 7]. От-
радно, что публикации эти были замечены местной кузбасской прессой.

Мониторинг выделения водорода на угольных шахтах не ведется, а ведь он (водород), при проникновении в горную выработку, может опережать метановую часть выброса, т.к. на порядок легче. К тому же водород гораздо более взрыво-
опасен, нежели метан. Горняки, не принимают во внимание колоссальный про-
цесс глубинной дегазации, т.е. выделение восстановленных газов, в первую оче-
редь водорода, из ядра Земли, которое является главным хранилищем планетар-
ных запасов газа. Но именно с этих позиций может быть объяснен феномен уве-
личения частоты взрыва газа на шахтах в новолуния и полнолуния. Объяснен
воздействием Луны на ядро Земли – главное хранилище глубинного водорода.
Шевеления твердого ядра, вызываемые внешним гравитационным воздействием,
модулируют процесс глубинной дегазации, вызывая усиление выбросов газа. На
лунные ритмы усиления глубинной дегазации накладываются и другие космиче-
ские факторы – положение Земли на околосолнечной орбите, изменение скоро-
сти вращения планеты, взаимное положение всех планет солнечной системы и
самого Солнца. Многофакторность космических воздействий исключает строгую
механическую регулярность всплесков дегазации земного ядра, однако, «лун-
ный» сигнал является, скорее всего, наиболее мощным.

Из сказанного выше, следуют несколько важных практических рекомендаций
для уменьшения взрывоопасности шахт:

- необходимо вести мониторинг концентрации не только метана, но и водорода;
- даже не споря о причинах взрыва, можно опереться на достоверную стати-
стику и в фазы новолуния и полнолуния проявлять особую бдительность на шах-
тах. Можно проводить в эти дни профилактические работы малочисленными
бригадами, а лучше установить традицию и объявить эти дни шахтерскими вы-
ходными. Опасность останется, но число жертв сократится;
- понимая, что для взрыва водородно-метановой смеси необходим кислорода,
надо попытаться исключить его наличие в подземном пространстве, то есть лик-
видировать шахтную вентиляцию, а горняков перевести на автономное обеспе-
чение дыхательными аппаратами. Такое, казалось бы, парадоксальное, но техниче-
ски воплотимое решение, позволит полностью предотвратить взрывы шахтного
газа и избежать связанных с ними человеческих жертв [2].

Литература

1. *Гуревич М.Г.* Обнаружение водорода в газах угольных месторождений Кузбасса. Докл. АН СССР, нов. сер. 1946. Т. 52. № 4.
2. *Дигонский С.В., Тен Вяч. Вл.* Роль водорода в полиморфизме твердых веществ // Не-
известный водород. С-Пб.: Наука, 2006. С. 8–73.
3. *Кравцов А.И., Соколов В.А., Элинсон М.М.* О составе и происхождении газов уголь-
ных месторождений. М.: Госгеолтехиздат, 1955. Труды МГРИ. Т. 28.
4. *Новоселова Е.* Лунные бомбы // Российская газета. Федеральный выпуск № 3455 15
апреля 2004 г.
5. *Ногих С.Р., Ашурков В.А., Дурнин М.К.* Дегазация Земли и проблема безопасности
угледобычи в Кузбассе. Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть, газ и их пара-
генезы // Материалы всерос. конф. 22–25 апреля 2008 г. М.: ГЕОС, 2008. С. 356–359.
6. *Приходько С.Ю.* Прогноз внезапных выбросов угля и газа в шахтах // Стратегия
жизни в условиях планетарного экологического кризиса. В 3 томах. Т. 3. Проблемы без-
опасности в условиях природно-антропогенных воздействий / Под ред. Н.В. Красногор-
ской. СПб.: Гуманистика, 2002. С. 127–132.

7. Сывороткин В.Л. Невидимкою луна освещает взрыв на шахте. Вокруг Света | Телеграф [№ 5(2800) Май 2007. <http://www.vokrugsveta.ru/telegraph/>.

8. Сывороткин В.Л. Водородная съемка на щелочных массивах Кольского полуострова // Дегазация Земли: геофлюиды, нефть и газ, парагенезы в системе горючих ископаемых. Тезисы докл. Междунар. конф. Москва, 30, 31 мая – 1 июня 2006 г. М.: ГЕОС, 2006. С. 253–254.

9. Сывороткин В.Л. Глубинная дегазация и глобальные катастрофы. М.: ЗАО «Геоинформмарк», 2002. 250 с.

10. Сывороткин В.Л., Нивин В.А., Тимашев С.Ф. Мониторинг выделения водорода в Хибинских горах. Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть, газ и их парагенезы. Материалы всероссийской конференции, 22–25 апреля 2008 г. – М.: ГЕОС, 2008. – 622 с. С. 477–479.

11. Хитаров Н.И., Войтов Г.И. Твердые приливы и дегазация Земли // Природа, 1982. № 3. С. 6–12.

12. Чернов О.И., Пузырев В.Н. Прогноз внезапных выбросов угля и газа. М.: Недра, 1979.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КАТАГЕНЕЗА УГЛЕЙ ДЛЯ ПАЛЕОТЕКТОНИЧЕСКИХ РЕКОНСТРУКЦИЙ В ЛЕНО-ВИЛЮЙСКОМ НЕФТЕГАЗОНОСНОМ БАССЕЙНЕ

И.Ш. Сяндюков, А.И. Сивцев

Институт проблем нефти и газа СО РАН, г. Якутск

Original method of estimation of vitrinite reflectivity value for deposits posed hear surface is shown, according to which it's possible to define erosive section value. The method can be used for sedimentary basins, containing coals and coaly inclusions.

В нефтегазовой геологии важное значение представляют исследования, связанные с реконструкцией мощностей размытых толщ, которые можно определить, используя данные по отражательной способности витринита (R) углей. Погрешность в расчете мощности может возникнуть при выборе значения R на поверхности (R_0), поэтому для определения величины эрозии отложений в Вилюйской синеклизе был проведен расчет R_0 .

Вилюйская синеклиза выполнена терригенными угленосными образованиями каменноугольно-мелового возраста мощностью до 6,5 км. На ее поверхности иногда залегают палеоген-неогеновые отложения.

Образцы углей и углистых включений были отобраны из скважин и естественных обнажений. Для расчета градиентов R выбраны скважины с достаточно большим числом точек, охватывающих интервал разреза не менее 500 м и пробуренных в центральной части осадочного бассейна, где стратиграфические подразделения в верхней части разреза имеют максимальные или близкие к максимальным мощности. Число замеров R на глубинах свыше 4 км значительно меньше, поэтому расчеты и построения для отложений, залегающих глубже, не производились.

По замерам построены графики H от R в полупологарифмическом масштабе. Коэффициент H от R изменяется в пределах 0,91–0,99, наклон графиков в переводе на температурный градиент по шкале ИГиРГИ составляет 17–30 °С на 1 км,

но, как правило, не превышает 22 °С на 1 км. Для удобства сопоставления все графики нанесены на одни оси координат.

Они представляют собой прямые линии и имеют на поверхности значения 0.35–0.39. Верхние 500 м разреза охарактеризованы керном меньше, и графики во многих скважинах интерполированы. О достоверности полученных результатов свидетельствуют данные R, полученные из естественных обнажений, где на поверхность выходят разновозрастные отложения, а также скважинные материалы, где отбор образцов проводился практически от устья.

Традиционно величину R_0 в отложениях, залегающих в приповерхностных условиях и не испытывавших погружение, принимают равной 0.2–0.25. Из этого следует, что с внутренней части синеклизы смыто не менее 1,3 км отложений. Этому противоречат следующие материалы (см. рис. 1).

1. Примерно одинаковое значение R на поверхности при различных градиентах предполагают разноамплитудные размывы на исследуемых площадях. Но отражающие сейсмические горизонты, проходящие примерно в кровле перми и юры, анализ мощностей стратиграфических подразделений свидетельствуют о консолидационном развитии структур в мезозое и об отсутствии высокоамплитудных тектонических движений в точках с повышенными значениями R_0 в кайнозое.

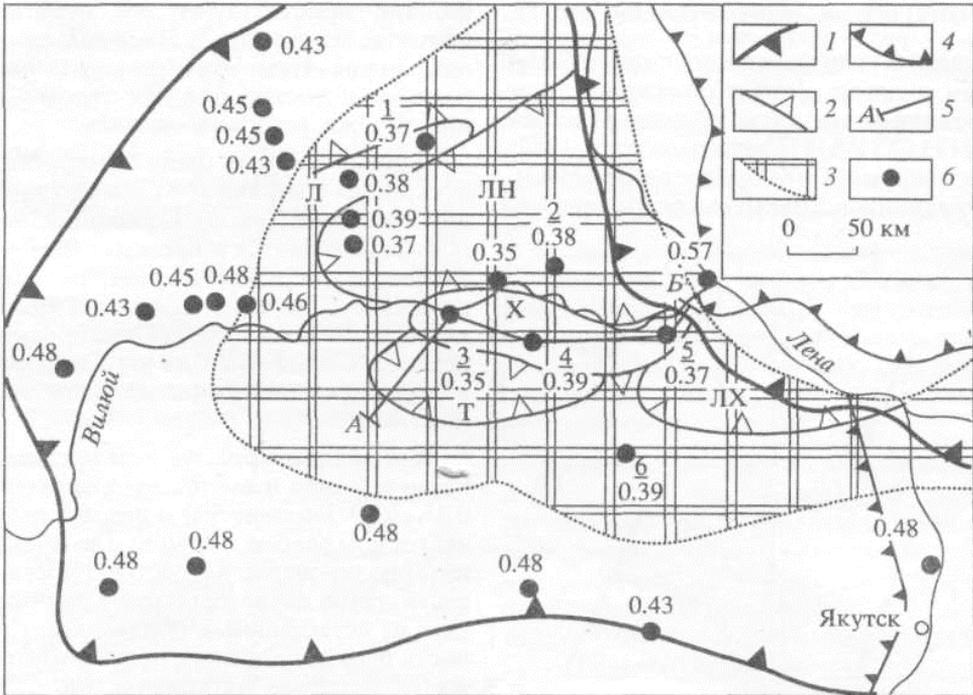


Рис. 1. Тектоническая схема района работ со значениями R на поверхности.

1–3 – границы (1 – Вилуйской синеклизы и Предверхоаянского краевого прогиба, 2 – впадин и поднятий, 3 – распространения верхнемеловых отложений); 4 – разломы; 5 – линия геологического профиля; 6 – скважины обнажения со значениями R_0 : Лн – Лейденская, Т – Тангарынская, Лх – Лунгхинская; валы: Л – Логлорский, Х – Хапчагайский

2. Данные по плотности и пористости песчаников и алевролитов мелового возраста, а также градиенты изменения фильтрационно-емкостных свойств пород с глубиной показывают, что отложения не перекрывались километровыми толщами пород и в настоящее время находятся на глубинах, близких к максимальным.

3. Образования маастрихтского возраста (линденская свита), завершающие мезозойский цикл осадконакопления, выделяются в каолинит-кварцевую формацию и сложены отложениями, напоминающими кору выветривания. Это свидетельствует о наступлении режима тектонической стабилизации в центральной части синеклизы в поздне меловое время.

Поскольку на поверхность выходят разновозрастные, близкие по литологическому составу отложения, на начало погружения значения R_0 залегающих в них углей должны быть равны. Поэтому все графики с различными градиентами R пересекутся в точке, значение в которой будет соответствовать истинному R_0 .

Из построений следует, что существует область максимального сближения графиков, верхняя часть которой находится на отметках 100–200 м, что примерно соответствует современным отметкам разреза, значения R здесь равны 0.35–0.39, среднестатистические – 0.36–0.37.

Графики имеют близкие градиенты R и при равном R_0 должны слиться в одну линию, если на Байской и Матахской площадях смыто около 400 м отложений. В этом случае область сближения графиков значительно сужается, значения R в ней равны 0.35–0.36, поэтому минимальное значение $R(R_0) = 0.35$.

Полученная величина значительно выше общепринятой (0.2–0.25), вероятно, это свидетельствует о влиянии временного фактора на преобразование углей, которые с поздне мелового времени (около 70 млн лет) залежали в близповерхностных условиях. Следовательно, во внутренней части синеклизы размыто от 0 до 0.5 км осадков ($R_0 = 0.35–0.39$), на бортах, где значения R_0 достигают 0.48 – до 1.1 км, в Усть-Вилуйском районе ($R_0 = 0.57$) – до 1.9 км.

Такой метод расчета R_0 и амплитуды эрозионного среза применим для палеотектонических реконструкций в осадочных бассейнах с отложениями, содержащими угли или углистые включения и удовлетворяющих следующим условиям:

1) прямолинейное изменение градиента R по разрезу (хотя бы его верхней части), что свидетельствует о нормальном геотермическом (палеогеотермическом) режиме и отсутствии некомпенсированных размывов в исследуемых горизонтах осадочного бассейна;

2) наличие не менее двух скважин с достаточным числом точек с замерами отражательной способности витринита, охватывающими интервал разреза не менее 500 м, по которым можно достаточно точно рассчитать градиент R ;

3) градиент R в этих скважинах должен иметь различную величину.

Литература

1. Аммосов И.И., Горшков В.И., Гречишников Н.П. и др. Петрология органических веществ в геологии горючих ископаемых. М.: Наука, 1987. 335 с.

2. Горбачев В.И., Соколов Б.А., Стефанова Е.И., Япаскurt О.В. Катагенез органического вещества и вмещающих пород Лено-Вилуйского нефтегазоносного бассейна // Седиментология на разных этапах литогенеза. М.: Наука, 1982. С. 116–123.

3. Граусман А.А. Закономерности изменения пороговых коллекторов при погружении (модель гравитационного уплотнения). Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1984. 136 с.

4. Гусев Г.С., Петров А.Ф., Фрадкин Г.С. и др. Структура и эволюция земной коры Якутии. М.: Наука, 1985. 248 с.
5. Коссовская А.Г. Минералогия терригенного мезозойского комплекса Вилюйской впадины и Западного Верхоянья. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 216 с.
6. Парпарова Г.М., Неручев С.Т., Жукова А.В. и др. Катагенез и нефтегазоносность. Л.: Недра, 1981. 240 с.
7. Справочник по литологии / Под ред. Вассоевича Н.Б., Либровича В.Л., Логвиненко Н.В. и др. М.: Недра, 1983. 509 с.
8. Сюдюков Ш.А., Фролов В.И., Сюдюков И.Ш. К оценке перспектив нефтегазоносности Лено-Вилюйской области по палеотемпературным условиям // Нефтегазоносные отложения Западной Якутии. Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1982. С. 132–136.
9. Черский Н.В., Сюдюков Ш.А., Фролов В.И. Катагенез углей восточной части Сибирской платформы // Вопросы нефтегазоносности и угленосности Центральной и Южной Якутии. ЯФ СО АН СССР, 1980. С. 96–105.
10. Wallage G. Petroleum Source Beds on Continental Slopes and Rises // AAPG Bull. 1978. V. 62. P. 1584–1606.

КОНКРЕЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПЛАНЕТЫ ЗЕМЛЯ И ХОЛОДНЫЙ ЯДЕРНЫЙ СИНТЕЗ (ХЯС)

Г.В. Тарасенко, Е.А. Демичева

Республика Казахстан, г.Актау, 24 мкр. Институт нефти и газа
Каспийский государственный университет технологии и инжиниринга им.Ш.Есенова

Formation of the Earth due to cosmic electricity. The planet also produces electricity through a dynamo effect. An example of the world's electricity are earthquakes, volcanism, spherical concretions and other geological data. Electricity causes electric discharge in the crust and the formation of cold nuclear fusion (CNF). Since the formation of CNS associated oil.

Образование планеты Земля связано с взрывом газопылевой туманности (наблюдаемой и изучаемой в настоящее время), где просматривается ее вращение. Вращение газопылевой туманности приводит к накоплению электричества и образованию гравитационного и магнитного полей, притягивающих различный космический мусор, переработка которого приводит к образованию первичной земной коры.

В ядре образующейся планеты остается газопылевая туманность, сравнимая с плазмой ХЯС и шаровой молнией. Вращение ядра и приводит к динамо-эффекту.

Динамо-эффект планеты Земля рассматривался в разное время многими исследователями (Мельников, Бражников), но его связывали с конвекцией. Последние сейсмические и сейсмологические данные позволили изучить внутреннее устройство планеты Земля, где было выделено несколько геосфер от ядра до земной коры. Как известно, скорость вращения геосфер уменьшается от ядра до поверхности. Если скорость дрейфа континентов регистрируется данными GPS, то замер скорости нижележащих геосфер еще не разработан. Трубицин предполагает скорость мантии 1–10 м/год (1998 г.), а ядра – 1 м/сек (2003 г.). Налицо разность скоростей геосфер от ядра до поверхности. Значит, дрейф континентов

происходит за счет передачи вращения ядра до поверхности. Этот процесс мною ассоциируется с передаточным механизмом в автомобиле, который, в конце концов, стирается и меняется (сцепление). Этот же самый эффект и приводит к динамо-эффекту планеты Земля, что и служит генератором электричества в огромных количествах. Накопителем вырабатываемой таким образом энергии служит литосфера, имеющая свойства электрического конденсатора. Пластнами земного конденсатора служат горные породы (пласты), а прокладкой (диэлектриком), в свою очередь, являются флюиды, циркулирующие (мигрирующие) между пластинами. Флюиды образуются в зонах субдукции из горных пород, содержащих в себе и органические вещества. Во время поглощения горные породы растираются в порошок (муку) за счет эффекта жерновов, образующегося за счет разницы скорости движения пластин (пластов) и геосфер. Глубинные флюиды растворяют и выносят на большие расстояния различные растворимые в ней породы (глина, известняк и др.), образуя, таким образом, базальные пачки, по которым и происходит миграция флюидов. Таким образом, литосфера служит не только электрическим конденсатором, но и радиатором для охлаждения ядерно-плазменных процессов в мантии и ядре планеты Земля. Флюиды образуются за счет этих процессов: нефть – из органики – углерода и водорода, а вода – из кислорода и водорода. Т.е. нефть – органического происхождения, а вода – неорганического, но механизмом их превращения служат электровзрывы в земной коре и мантии, приводящие к ядерно-плазменным реакциям холодного типа (до 600 °С). Подтверждением этому заключению служат палинологические данные флюидов (Медведева, 1977), в которых содержатся споры и пыльца растений, сохраняющаяся до 600 °С.

В то же время базальные пачки служат и смазкой для вращения геосфер и движения пластов (пластин, чешуй). Во время движения пластов происходит их дробление, за счет растягивания (разрыва), образуя карсты, зеркала скольжения, стилолитовые швы, листрические разломы. Пустоты заполняются флюидом, которые за счет электроразрядов в земной коре приводят к процессам ХЯС, приводящим, в свою очередь, к образованию вторичных отложений. К ним относятся уголь, полиметаллическая руда и др.

В настоящее время подтверждением таких процессов на глубине служат геологические тела – шаровые конкреции (рис. 1.), изучение которых в течение 300 лет было дискуссионным. Шары имеют форму планеты Земля и состоят из геосфер (шар в шаре как русская матрешка). В центре шара химический анализ показал содержание 90 %, а к периферии – 5–7 % оксида железа (Fe_2O_3) и кремния 70 % (в виде кварцевого песчаника, сцементированного глиной). Шаровые конкреции, описанные автором, образовались в юрско-меловых отложениях Южного Мангышлака, откуда ведется добыча нефти и газа. Нефтегазоводоносные пласты субгоризонтально выходят на поверхность в районе горного Каратау. Пласт сложен тем же материалом, что и шары, но содержание оксида железа составляет 2–3 %. Шаровые конкреции образовывались в базальных пластах юры и мела, заполненных флюидом и раздробленной до муки горной породой, считающейся коллектором в нефтяной геологии. Во время электровзрыва образовывались шаровые молнии, обладающие электромагнитным полем и вращением 20–40 м/сек, как в опыте Л. Уруцкоева и др. Только таким образом могли образовываться шаровые конкреции Южного Мангышлака. Их изучение позволит создать условия образования шаровых плазменных образований, обладающих большой кинетиче-

ской энергией. Примером такой энергии служат взрывы в шахтах. Во время проходки продуктивного пласта часто встречаются пустоты-карсты, внутри которых находятся шаровые молнии. Шахтеры их называют «шубины» или «зайчики». Доказательством таких процессов также служат шаровые конкреции, встречающиеся во всех рудных и угольных шахтах. Шаровые конкреции образуются во время извержения вулканов и грязевых вулканов, что говорит об электрическом происхождении вулканов и образования магмы связано с электродоменами (электропечи) земными, а не с мантией, но только в зонах континентальной и океанической субдукции!

Шаровые конкреции обнаружены в Египетских пирамидах, дольменах и других мегалитах мира. Это позволит создать новую энергию, наподобие устройства самой планеты Земля. Она сама производит огромное количество энергии, позволяющей образовывать земную атмосферу, существование животного мира и т.д.



Рис. 1. Шаровая конкреция, аналог строения планеты Земля

Подобием процессов, происходящих в земной коре, служат исследования, проведенные в Курчатовском институте (Л. Уруцкоев). Во время электровзрыва проволочек в дистиллированной воде образовались химические элементы, которых там не было до взрыва. В то же время над крышкой сосуда появилось шарообразное плазменное образование со скоростью вращения 20–40 м/сек. Если в земном конденсаторе получить такое образование во время электровзрыва в базальных пачках и карстах, то это и будет служить доказательством вышеизложенного.

Человечество в своем развитии близко подошло к познанию планеты Земля, но экономические и политические передеряги не позволяют всем задуматься над новой энергией. Если человечество и дальше будет использовать энергию Земли (нефть, газ, вода и др.), которые служат для охлаждения ядерно-плазменных реакций, то планета погибнет и вместе с ней и вся земная цивилизация. Нужно объ-

единить усилия всего научного потенциала планеты Земля для нахождения новой энергии. Любое промедление будет непоправимо.

Я призываю все человечество под эгидой ООН создать все условия для проведения научных работ по открытию новой энергии, подсказывающей самой природой ее механизм. Нужно создать общий (всемирный) банк данных, доступный для любого человека планеты Земля. Грядущая опасность отрезвит любого религиозного деятеля или террориста.

«Одна планета – одна мечта» – такой лозунг выдвинули китайцы на Олимпиаду 2008 года. Люди этого древнейшего государства правильно поняли будущее человечества, давайте станем землянами, которых должны принять к себе в общество другие цивилизации Вселенной.

Копенгагенская конференция по изменению климата (2009) поставила неправильные вопросы по предупреждению катастрофы. Они неправильно понимают процессы изменения климата за счет парниковых газов. Природный кондиционер еще справляется с этими газами, но это не результат деятельности человека. Нужно сократить добычу нефти, воды и газа, запретить эксплуатировать обводненные нефтегазоносные пласты, где на 1 т нефти приходится 10 т воды. И только новая энергия поставит все на свои места в политике и экономике.

ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА И ГЕНЕЗИС УГЛЕРОДИСТОГО ВЕЩЕСТВА ШУНГИТОНОСНЫХ ТОЛЩ ПАЛЕОПРОТЕРОЗОЯ БАЛТИЙСКОГО ЩИТА

Г.В. Тарханов¹, М.Г. Фрик², Г.И. Титова², В.В. Наркисова¹

¹ ОАО «НПЦ «Недра», г. Ярославль; ² ОАО «КамНИИКИГС», г. Пермь

Peculiarities of carbonaceous substance (including schungite) of igneous and sedimentary rocks of Baltic shield (Onega structure) are studied. Analysis was carried out with using the data on a large complex of investigation methods of organic matter, bitumoids, sorbed gases.

Онежская параметрическая скважина (ОПС), пробуренная до глубины 3500 м в северо-западной части Онежской структуры, вскрыла палеопротерозойские толщи людиковия (2.05–1.95 млрд лет) и ятулия (2.2–2.05 млрд лет). Верхняя часть вскрытого разреза представлена (сверху вниз) вулканомиктовыми осадочными породами кондопожской свиты калевия (инт. 5–401 м), вулканическими и вулканогенно-осадочными породами суйсарской (инт. 401–656 м) и заонежской (инт. 656–2115 м) свит людиковия. Залегающий ниже ятулий сложен в верхней части разреза доломитами, алевропелитами и полевошпат-кварцевыми слюдистыми доломитистыми алевролитами туломозерской свиты (инт. 2115–2405 м), а в нижней части – толщами ангидрит-магнезитовых пород (инт. 2405–2751 м) и каменных солей (инт. 2751–2944 м). Каменные соли (галиты) залегают непосредственно на гранитах архейского фундамента (инт. 2944–3500 м).

Значительная часть заонежской свиты (инт. 656–1903 м), выделяемая в верхнюю подсвиту, сложена мощными пачками шунгитоносных вулканогенно-осадочных и осадочных пород, чередующихся с толщами лавовых покровов ба-

зальтов-долеритов. Нижняя часть заонежской свиты (нижняя подсвета) существенно осадочная. Шунгитоносные породы, на генезис которых существуют различные точки зрения (Иванкин П.Ф., Галдобина Л.П., Калинин Ю.К., 1987; Минеева И.Г., 2008; Первунина А.В., 2008; Филиппов М.М., 1996, 2006), переслаиваются с шунгитосодержащими сульфидизированными пелитами, алевропелитами, туфоалевропелитами и доломитами.

Для получения детальной характеристики углеродистого вещества (УГВ) шунгитоносных толщ людиковия был выполнен широкий комплекс аналитических исследований, включающий: люминесцентно-битуминологический (ЛБА), петрографический, рентгено-структурный, электронно-микроскопический, термический масс-спектрометрический (ТМС) и изотопный анализы УГВ, инфракрасную спектроскопию (ИК), тонкослойную (ТСХ) и газожидкостную хроматографию (ГЖХ) хлороформенных и спирто-бензольных битумоидов, а также термогазовый хроматографический анализ газов глубокой сорбции.

В целом, вскрытый ОПС комплекс углеродистых пород людиковия и ятулия характеризуется широким диапазоном (0,03–55,3 %) содержания некарбонатного углерода (Снк). Наиболее высокоуглеродистые пелиты, алевропелиты, туфопелиты приурочены к верхней подсвете заонежской свиты: до 55 % Снк (инт. 1080–1215 м), до 30 % (инт. 890–910 м), до 34 % (инт. 1420–1430 м), до 18 % (инт. 1874–1886 м).

Судя по результатам петрографических и люминесцентно-битуминологических исследований в разрезе ОПС, согласно классификации М.М. Филиппова (2006), встречаются доманикоиды, доманикиты, максовиты и шунгиты. В туфоалевропелитах суйсарской свиты (в интервале 542–642 м) отмечены средние и низкие концентрации Снк (не более 1,1 %), соответствующие преимущественно субдоманикоидам. В интервале 1890–2062 м (нижняя часть заонежской свиты) содержание УГВ не превышает «субдоманикоидной» концентрации (< 0,5 %). В разрезе туломозёрской свиты в интервале 2333–2796 м в доломитах, ангидритах, галитах некарбонатный углерод и его соединения, за редким исключением, присутствуют в очень низких концентрациях (< 0,1 % Снк). Содержание некарбонатного углерода в базальтах, долеритах, диабазах на разных глубинах (0,08–1,25 % Снк в интервале 822–1538 м), как правило, значительно превышает кларковые значения для эффузивных и метаморфических пород.

По морфологическим признакам включений УГВ, характеру их распределения во вмещающей породе и оптическим характеристикам выделяется 5 типов УГВ, три из которых можно отнести к шунгитовому веществу, а два – к антраксолитам.

При электронно-микроскопическом изучении отмечается неоднородное микростроение шунгитового вещества с неупорядоченной структурой, формирующееся в условиях функционирования бактериальных систем. Антраксолиты отличаются упорядоченными структурами, характерными для полнокристаллического графита.

По данным ЛБА и ТМС в составе УГВ повсеместно отмечается наличие битумоидов в концентрациях от следовых до низких. При этом в породах, обогащённых углеродом (Снк >0,5 %), битумоиды встречены в меньших концентрациях (хлороформенные – $B_{\text{хл}} < 0,001$ %, спиртобензольные – $B_{\text{сб}} < 0,01$ %), хлороформенные преимущественно лёгкие. Относительно повышенные количества битумоидов (до 0,01 % $B_{\text{хл}}$ и до 0,02 % $B_{\text{сб}}$) и гуминовых кислот (> 0,001 %) характерны для пород со средним и низким содержанием углерода (от 0,10 до 0,50 %), $B_{\text{хл}}$ – чаще маслянистые. Концентрации битумоидов и гуминовых кислот тесно взаи-

мосвязаны. Степень битуминозности некарбонатного углерода очень низка ($\beta_{\text{хл}}$ в 90 % случаев менее 1 % при максимальном значении 2,8 %). График зависимости битумоидного коэффициента от содержания некарбонатного углерода отражает преимущественно эпигенетичный характер битумоидов в малоуглеродистых породах с относительно повышенной ($\beta_{\text{хл}} > 0,5$ %) битуминозностью.

В результате горячей экстракции высокоуглеродистых образцов установлены десятки и сотни раз более высокие содержания битумоидов по сравнению с люминесцентно-битуминологическим определением, что объясняется, вероятно, низкими концентрациями люминесцирующих ароматических соединений. Факты наличия в шунгитоносных породах битумоидов, а в их составе различных высокомолекулярных углеводов известны в литературе (Св. Сидоренко, 1975; Минеева, 2008).

Пиролитическое исследование концентратов УГВ, выделенных из высокоуглеродистых образцов путём кислотной обработки, показало наличие в низких количествах как сорбированных битуминозных компонентов (S_1 – от 0,05 до 0,26 мг/г), так и образующихся в процессе пиролиза (S_2 – от 0,18 до 0,52 мг/г). Учитывая собственные и литературные (Меленевский и др., 2008) данные по шунгитоносным породам, следует отметить, что содержание аллохтонных битумоидов в разрезе ОПС относительно повышено.

В групповом составе Бхл алевропелитов с глубины 1164,6 м преобладают метаново-нафтеновые углеводороды (43,6 %), далее следуют тяжёлые смолы (30,8 %), затем асфальтены (15,4 %) и неразделённая фракция ароматических углеводородов и лёгких смол (10,3 %). Изучение инфракрасных спектров хлороформенных битумоидов пород показало значительную роль алифатических структур (полоса поглощения – п.п. при 2900 см^{-1} доминирует, оптические плотности D_{2800} , D_{1170} , D_{720} достаточно велики), высокую степень окисленности ($K_2 = I_{1720}/I_{1470}$ больше 1; интенсивное поглощение в области $1200\text{--}1000 \text{ см}^{-1}$), что объясняется присутствием сложных эфиров (среди них – фталатов), кетонов, альдегидов, жирных кислот. Ароматичность битумоидов значительна ($K_1 = I_{750}/I_{720}$ от 1,5 до 4,8; $C_2 = D_{750}/D_{720}$ от 1,5 до 5,6) и обусловлена наличием полиаренов. ИК-спектры отличаются от спектров битумоидов осадочных пород меньшим поглощением – CH_2 -групп (п.п. 1470 см^{-1}) и ароматических колец п.п. 1600 см^{-1}) и большим – кислородсодержащих (п.п. $1720\text{--}1700$ и $1200\text{--}1000 \text{ см}^{-1}$). ИК-спектры спиртобензольных битумоидов отражают их большую окисленность: наличие OH -группы (D_{3400}), ароматических сложных эфиров, ($D_{1720\text{--}1700}$), большая интенсивность п.п. в области $1200\text{--}1000 \text{ см}^{-1}$), – и ароматичность ($D_{1610\text{--}1600}$, D_{875} , D_{815} , D_{750}).

В битумоидах выявлены углеводороды реликтового строения – n -алканы и изопреноиды – по-видимому, остатки углеводородов, генерированных первичным неметаморфизованным керогеном древнейших осадочных отложений. Распределение насыщенных высокомолекулярных алканов специфично, концентрации n -алканов изменяются неравномерно, при этом исследованные битумоиды различаются довольно существенно. Среди изопреноидных углеводородов в Бхл и Бсб во всех образцах преобладает фитан (пристан/фитан составляет 0,55–0,88).

Обогащённость углерода маковитовых пород, антраксолитовых жил в доломитах и углеродистых алевропелитов из интервала 893–1161 м лёгким изотопом $\delta^{13}\text{C}$ от $-40,0$ до $-33,9$ ‰ свидетельствует о принадлежности высокоуглеродистых пород, к т.н. «миграционным шунгитам» (Галдобина и др., 1995; Минеева, 2008) и о биогенности основной части УГВ. В целом изотопный состав органического углерода пород заонежской свиты меняется в широких пределах: $\delta^{13}\text{C}_{\text{орг}}$

рассеянного УГВ (-40,6‰÷-25,6‰) и концентрированного УГВ (-40,6‰÷-24,0‰) УГВ. Изотопный состав $\delta^{13}\text{C}_{\text{орг}}$ миграционного УГВ (прожилки антраксолита в карбонатных породах верхней части разреза заонежской свиты на гл. 1083–1089 м) характеризуется узким интервалом значений -35,1‰÷-34,6‰.

Впервые для шунгитоносных пород изучено распределение в них сорбированных газов. Установлено, что породы, обогащённые УГВ, чаще всего характеризуются высоким содержанием глубоко сорбированных газов: метана до 4,36 см³/кг в породах верхней части заонежской свиты (в среднем 1,20 см³/кг) и до 3,30 см³/кг в породах нижней части заонежской свиты (в среднем 1,65 см³/кг); предельных углеводородов C₂₋₅ – до 0,78 и 0,29 см³/кг, соответственно, – а также двуокиси углерода (до 279,45 и 75,18 см³/кг, соответственно) при относительно повышенном содержании азота (в среднем 8,92 и 4,38 см³/кг, соответственно) и эпизодически повышенном – водорода (от отсутствия до 2,20 см³/кг). Гелий в составе сорбированных породами газов не обнаружен.

Наличие значимых корреляционных связей между концентрациями метана, предельных углеводородных газов C_{2–5}, азота, двуокиси углерода и некарбонатного углерода свидетельствует об общности процессов накопления газов, сорбированных (и генерированных) углеродистым веществом. Концентрации не-предельных углеводородов C₂₋₄ (до 0,59 см³/кг) коррелируют с концентрациями битумоидов и гуминовых кислот, что может служить аргументом их совместного вторичного образования в результате метасоматических и окислительно-деструктивных преобразований УГВ.

МЕХАНИЗМЫ ТЕКТОГЕНЕЗА: КЛЮЧЕВАЯ РЕАЛИЯ – ГИСТЕРЕЗИСНОСТЬ ГЕОСРЕДЫ

М.А. Телепин

Институт проблем нефти и газа (ИПНГ) РАН, Москва

The geomedium changes its state [dead / alive], and permeability, responding to energy impact, in a hysteresis manner (like a stiff tumbler), and separately at each its bit. Such mode of action, valving the inner heat outflow, ordains the Earth evolution, determining a style of tectonic activity and the medium structuring, and channeling. Usual mathematical approach of through equation of state is here not valid.

Среди различных явлений, сообща образующих тектонический процесс, наиболее масштабным и определяющим выступает вынос тепла глубин током горячих флюидов, «прожигающих» среду, коя изменяется, реагируя на их приход (как и на исчерпание), что дает определенного вида саморегуляцию и структурирование. Это пункт № 1. Есть и события «второго ряда», в плане энергонасыщенности и причинной подчиненности [впрочем, важны и детали]. Это: собственные вибрации геосреды, поддерживаемые слабым флюидотоком, и их концентрация в плоскости и трубки, ведущая к «рассечке» геосреды (п. 2); сам акт формирования новых тел (в результате миграции вещества), – появившись, они радикально меняют обстановку (п.3); деформация пассивного чехла и рост трещин (п. 4). Везде тут реализуется тенденция к контрасту и структурирование среды, и ее энергодинамики. (Про-

тивоположную крайность являет остывание болванки: тут налицо индифферентность поведения материала – и однородность всей картины.)

Займемся явлением № 1. Вещество существенно меняет проницаемость в ответ на смену условий, в связи с динамикой флюидотока. Главный аспект нашего рассмотрения тепловой: «работает» тепло – и температура (T). В терминах термодинамики можно сказать: флюиды проплавливают среду. Хотя есть еще механический аспект и химический аспект: флюиды прокладывает себе путь, кроша среду своим гидравлическим напором, или же разъедая ее – реагируя с ее веществом [его зернами] в силу своего инородного химизма.

Итак, у вещества могут быть два состояния: активное (расплав) и пассивное (твердое). Кроме температуры (T) действует еще сдвоенность (p), выступающая антагонистом T и в каких-то пределах компенсирующая нарастание T вглубь, – хотя на большой глубине существует, все же, зона расплава, так же как наверху – зона твердого.

Поверхность зоны расплава неустойчива – любой ее выступ, наметившись, склонен к дальнейшему росту, за счет примыкающих пространств (положительная обратная связь). Это вызвано тем, что выступ является местом усиленного дренирования несущих энергию флюидов – те устремляются к вершине выступа, а она активно нарастает, выводя флюиды с ниже-лежащих уровней [флюиды же по мере падения давления высвобождают свою энергию]. Наконец, слой под вершиной застывает, лишившись «живой» энергии, а вершина, отделившись, подымается дальше как плюм, постепенно угасая. Между тем оставшийся пьедестал продолжает нарастать – и вот уже готов отделиться новый плюм. Идет цуг плюмов. Каждый такой плюм, дренируя энергию, постоянно «подмерзает» снизу и нарастает на кровле, проплавливая ее; перемещается тут лишь зона активации, сама геосреда остается, в первом приближении, неподвижной.

В случае пологого выступа плюмы могут быть и широкими матрасами – это уже восходящие волны активности. Осуществляя, по сути, зонную плавку, они помогают ходу минерации (того или иного стиля, в зависимости от складывающегося режима).

Противоположный вариант – мелкий плюм или группа мелких плюмов – требует более полного рассмотрения. Именно тут осуществляется канальное структурирование геосреды. Происходит это в силу факта гистерезиса в переходе «активное / пассивное». Дело в том, что указанную схему следует дополнить описанием *динамики переходов*: для смены имеющегося состояния *фактор воздействия*, δT (т.е. T с коррекцией за p) должен, изменяясь, перейти пороговое значение с некоторой избыточностью – при ходе как в одну, так и в другую сторону. Иначе говоря, на шкале δT есть некоторая зона метастабильности, где, невзирая на воздействие, сохраняется ранее бывшее состояние. Вот такое метастабильное удержание состояния при переходе «активное \square пассивное» и «работает» на созидание каналов. Всякий плюм, подымаясь, оставляет за собой *след активированного вещества*, но обычно скорый сток энергофлюида пассивирует его. В случае же мелких плюмов сток энергофлюида замедлен, и следы плюмов сохраняются как зачаточные каналы, – промываемые затем флюидами умеренной энергетики до уровня настоящих, полноценных каналов (либо, напротив, забиваемые отложениями). Конечно, гистерезис встраивается и в другие звенья процесса, но не так явно.

Сосудистость, и обеспечиваемая ею интегральная флюидопроницаемость геосреды – важнейший фактор вещественной эволюции Земли, обстоятельство, определяющее всю картину, всю цепь планетарных событий.

Феномен метастабильной структурности – вертикальной сосудистости тела Земли, быстро появляющейся и быстро аннулирующейся, – это и объяснение некоторым загадкам тектоники глубин [анизотропные «корни» континентов].

Можно задаться вопросом: откуда берется гистерезис? Ответ, в общем-то, на виду: любая замена существующего чем-то новым требует некоторого напряжения. Весь мир консервативен и метастабилен, и в этом, как видим, залог его поступательного развития.

Взглянем на некоторые конкретные случаи гистерезиса. Вот пример В.В. Белоусова. Лава вулкана Килауэа застывает при 600 °С. При этом она меняется, теряя летучие, так что вновь расплавить ее можно, лишь нагрев до 1200 °С. Впрочем, в природных условиях лава опять насытится эксгаляциями, и цикл готов к повторению.

Аналогично, расплав полиминеральной породы застывает при температуре эвтектики, но при этом происходит его раскristализация на зерна отдельных минералов, более тугоплавкие, – и для расплавления их агрегата потребуется более высокая температура.

А вот случай с механическим воздействием. Цементный замес («раствор»), начавший твердеть, можно вновь активировать, сделать пластичным, – начав энергично разминать. И в природе – консолидированный монолит сопротивляется разрушающим силам, однако, будучи все-таки дезинтегрирован, оказывается податлив даже к слабому нажиму – пока не консолидируется, находясь в покое. В том же русле – явление *тиксотропии*.

При смене химизма оксисферы химизмом реду-сферы (и обратно) консолидированный геоматериал тоже оказывает сопротивление, прежде чем поддается дезинтеграции.

Хороший аналог из области техники – тумблер («тугой тумблер»).

Известен, описан в литературе консерватизм поведения нелинейных динамических (колебательных) систем. «Кусочек» породы (минимальный объем ее, сохраняющий еще специфику поведения) тоже ведет себя как нелинейная система, – а объем, сложенный такими «кусочками», являет, по сути, «систему систем».

Гистерезисная метастабильность, отменяя однозначную зависимость состояния среды от текущих условий, делает несостоятельным традиционный физико-математический подход с его «сквозным» применением *функции состояния* – описать модель можно лишь компьютерной программой, куда вложена гистерезисная логика.

С изложенных позиций была построена и *компьютерная модель геосинклинального процесса*. В ней принято, что активация каждого кусочка среды сопровождается его расширением, кое передается вверх с усреднением, причем тем большим, чем больше глубина залегания кусочка, вплоть до поверхности. На поверхности же имитируется обстановка денудации-седиментации: выступы пошагово (т. е. с течением времени) срезаются, впадины – заполняются [*переделка чехла*]. Изменение нагрузки (разгрузка-загрузка) передается, в свою очередь, сверху вниз, тоже с нарастающим усреднением, меняя пороги активации-пассивации каждого элемента среды. Кроме того с течением времени эффект разгрузки-загрузки последовательно убывает – происходит *адаптация чехла*. Снизу зада-

вали энергофлюидный источник. Результатом стала живая картина, удивительно похожая на то, что мы знаем о развертывании геосинклинального процесса.

О СТАНОВЛЕНИИ В ТЕЛЕ ЗЕМЛИ СТРУКТУР ПРОНИЦАЕМОСТИ

М.А. Телепин

Институт проблем нефти и газа (ИПНГ) РАН, Москва

Activity and structuring of the Earth stem from runaway of the heat (stockpiled in it at its origin). Clear conduits aid flow of fluids (which take out the heat and convey the matter – some its fractions); they arise through hysteresis-wise response of the matter state (dead / alive) to fluids energy, and fluids washing-out, or through standing-wave vibrations, focusing their model (fed by fluids) up to a mere sketch – flat, tube. Also cleaving of the upper bed acts. All the events are marked with ambiguity.

В теле Земли имеет место неуклонная циркуляция горячих растворов, в процессе которой происходит обособление отдельных веществ и их перенос и переотложение – как в виде локальных и недолго существующих скоплений [в т.ч. УВ, CO₂], так и в виде глобального и необратимого расслоения планеты. Все это возможно постольку поскольку тело Земли смогло высвободить некоторую толику *текущего вещества* – «транспортера», а также благодаря наличию *каналов* – «магистралей» его движения. Каналы же обязаны своим появлением следующим двум условиям: способности геосреды реагировать на энерго-фактор (1) и устойчивому потоку тепловой энергии, уходящей в мировое пространство, благо в глубине есть ее *ресурс* (2). Чтобы понять, что это за ресурс, надо уйти в прошлое.

Я вижу пра-Солнце как звезду типа WR [высочайшая температура и масса, 30-кратно бóльшая нынешней, теряемая через истечение плазмы] на ранней стадии развития (пока водород еще не «выгорел»), причем с магнитным полем и очень быстрым вращением [последнее ускорило уход массы, погасив «ядерный пожар», а заключительный выброс при взрыве выступа звезды унес ротацию]. Серия магнито-плазменных оболочек-коконов вокруг звезды преобразовалась затем в совокупность тороидальных конвективных ячеек. Оболочки препятствовали свободному (кеплерову) движению плазмы, поэтому около них в потоке плазмы была стоячая ударная волна. Точнее это была зона чудовищного нажима, но без дробящего удара; там синтезировались «экстра-химические» соединения – *композиции ядернофизической природы*, живущие какое-то время как твердые частицы вопреки огромной температуре (и постепенно распадающиеся, с выделением тепла, на обычные элементы). Из них и складывались планеты.

Особо важна упаковка железа с водородом, где тот служит *глюоном* («склеивателем»), отмеченная большой плотностью, сохранившаяся во *внутреннем ядре*. Царящая там сдавленность замедляет ее распад, – который означает расширение внутреннего ядра и исход *водорода* и *тепла* оттуда в вышележащую геосреду [идея В.Н. Ларина о гидридах, с должной коррекцией]. Так обстоит с энергозапиткой. Чередование фаз накопления тепла и сброса его через швы растянутой земной оболочки давно осознано нашими геологами как *суть тектонического*

«нульса» [«подпрыгивание крышки на кипящем чайнике» Усова, Белоусова] (увы, многие по сей день в плену мистики «галактических влияний»).

Взглянем на происходящее в геосреде. Прежде всего, говоря «движется тепло», мы разумеем несущий его флюид, в т.ч. водород; кондуктивный теплоток слаб. Но и флюид немощен, пока он сочится через породы, используя рассеянные в них щелки. Мощь течению обеспечивают каналы, пронизывающие тело Земли [кстати, закономерны и флюиды нисходящие]. Рассмотрим механизмы, ведущие к появлению этих каналов.

Механизм № 1 – энергоактивация. Получая от флюида тепло, геосреда не только расширяется, но и активизируется – повышает свою проницаемость, за счет плавления части зерен (будучи гетерогенной по составу); теряя – застывает. Нарушать сплошность пород может и инородный химизм флюида, а также его гидро-пневматический напор. Переходы «активное/пассивное» идут по схеме гистерезиса – через инерцию status quo. В то же время общая сдавленность выступает как антагонист температуры.

Все это означает положительную обратную связь и контрастное развитие ситуации от сплошного (сначала) сброса тепла. Каждый выступ фронта активации геосреды, будучи областью высокой проницаемости, едва наметившись, начинает стягиваться с боков, нарастая на вершине, – именно туда устремляется флюид. Наконец вершина отделяется и, угасая, восходит как плюм; смещается здесь не среда, а зона ее активации, где тепло перетекает от подошвы к кровле плюма. Между тем оставшийся пьедестал вновь нарастает, порождая новые и новые плюмы – идет цепочка плюмов. Убегание флюида к кровле может возобладать и на широком участке, тогда плюмы окажутся «матрасами» – это уже волны энергофлюидной активности. В других вариантах появляется группа мелких плюмов, ползущих вверх; пройденные ими пути сохраняются, из-за гистерезиса, как полосы активации, служа наметками, организующими флюидоток, который может промыть их, превратив в настоящие каналы [либо, напротив, вывести из актива, забив отложениями]. А в плане развивается характерный стиль: активный пояс распадается [при падении интенсивности энергоподпитки] на отдельные пятна, каждому пятну «выгоднее» ограничиться сбросом энергии лишь по периметру, превратившись в кольцо с инертной серединой, а кольцо точно так же подменяется фестонем (серпом).

Программная модель показывает, что механизм несет и *предпосылки к нульсациям*. Включив же в учет расширение среды при активации [и обратное], и сопутствующую денудацию-седиментацию [вариации давления!], мы делаемся много ближе к реальности.

Обратимся теперь к механизму № 2 появления каналов. Тут важную роль играют вибрации и вибрационные волны среды, кои, существуя за счет энергии флюидотока, вместе с тем управляют оным; и, более того, постепенно структурируют саму Землю.

Идею волн развивал в свое время М.А. Садовский, позднее ею обстоятельно занялся И.А. Володин, на чьи представления – на первый их уровень – я и опираюсь.

В Земле постоянно существуют инерционно-вибрационные волны (их вид и характер predeterminedены сложением ее тела). Эти волны бывают двух видов: бегущие и стоячие. И те, и другие, рождаясь от мельчайших флуктуаций, благодаря энергоподпитке быстро разрастаются (впрочем, затем встают ограничения со стороны «энерго-логистики»).

Разберем на примере стоячей волны, как происходит поддержка колебаний среды фильтрацией через нее флюида. Для наглядности привлечем упрощенный аналог – вибрацию стального язычка при трубке, из коей дует ток воздуха [таков голос баяна]. Воздушный напор на язычок усиливается по мере прижатия его к трубке. Если бы тут работала эта простая пропорция, никакой поддержки колебаний не было бы. Но на деле имеет место *накопительный эффект*, и по этой причине напор воздуха набирает силу несколько позднее, ближе к тому моменту, когда язычок уже прижат и готов отходить. Вот это и сообщает раскачку колебаниям. Так и в геосреде, пронизываемой фильтрацией раствора солей: в фазе сжатия и локального повышения давления идет закрытие пор, а также садка кристаллогидратов из раствора; поток наталкивается на возросшее сопротивление и сообщает среде импульс, «встраивающийся» уже в фазу ее расширения. Аналогичная энергоподпитка действует и при других вариантах колебаний.

Бегущие волны реализуют в геосреде фракционирование по принципу *зонной плавки*, что немаловажно для накопления минеральных обособлений.

Что же до стоячих волн, то с ними растет контраст и концентрация. В зонах пучности, где амплитуда наибольшая, среда «расшатывается», делаясь все более проницаемой, и туда устремляется несущий энергию флюид, в ущерб другим участкам. Также в ущербе оказываются и мелкие особенности картины, теряются ее детали — идет генерализация. В итоге мы имеем концентрированную *проработанную проницаемую зону* простейшей «экономной» формы: плоскость–«щель», секущую земной шар (возможно – с плавным изгибом), – явленную на поверхности Земли *инуровой, либо чуть изогнутой, линией*. [Нередко (дифракция) возникают серии (суб)параллельных форм, автопродуцируясь и заполняя окрестное пространство.] Плоский флюидоток в «щели» тоже контрастируется, переходя в отдельные струи [так на поле прорезаются овраги]. А наверху вдоль «шнура» наметятся отдельные *экстремалии* – места выхода этих струй.

В свою очередь струя («энергоось»), пульсируя, испускает импульсы, на удалении же происходит их взаимонабегание, нахлест, и появление ударной волны (эффект Тихонова); вокруг формируется цилиндрическая зона проработанной проницаемой среды – «щель», но не плоская, а скрученная в трубку. Поток по этой цилиндрической поверхности так же точно распадается на отдельные струи. А наверху мы увидим *круг* (возможно – с каймой дифракции) и *экстремалии по кругу*. [Такие проявления есть и в Широкое Подмоскowie.]

Теперь понятно, откуда наши минеральные и структурные распорядки. Секущие тело Земли проницаемые зоны, их экстремалии, дают выход флюидам редуктосферы, в т. ч. углеводородам; правда для образования ими скопления нужны еще емкость и затор-экран [а не то – рассеяние!]; нужна и «удача» с темпом исхода и термодинамикой – ориентация на сохранение, на синтез. В условиях глубин углеводороды растворяют золото, так что закономерен и его вынос; ближе к поверхности растворимость падает – золото отходит в залежь. Также в обстановке диссипации возможна и такая реализация энергии, как синтез алмазов (благо углерода хватает!). И конечно же в местах энергосброса растут горы, воздымаются вершины; не исключены и проседания, а сама проницаемая, ослабленная зона (и плоская, и цилиндрическая) служит не только элементом системы дренажа минеральных растворов, но и лекалом для подвижек в теле Земли (и размыва – наверху).

Со временем будут *перепланировки*. Дело в том, что в участках геопространства, смежных с дренажными каналами, поставка энергии перестает поспевать за

особый рисунок [трещины искривляются, так как меняют поле напряжений], внося в ситуацию осложнения, детали, по-своему важные. Показательно глубинное Афро-Азиатское возмущение (Танганьика – Байкал и далее; отмечено явлениями свежих глыбовых воздыманий, базальт-активации, рифтогенеза и углеводородной дегазации, а также скоплениями УВ – там, где «повезло» с ловушками). Со стороны специалистов по верхнему слою тут были высказывания, вроде: «Лишены основы попытки связать Байкальскую рифтовую зону с Восточно-Африканской... На юго-западе Байкальская зона связана с меридиональной впадиной озера Хубсугул и далее слепо заканчивается...» [А.Л. Яншин].

В плане прикладном, изложенные рассуждения дают нам лишь предпосылки к поиску УВ, но не ключ к обнаружению. Не все «квартиры» «заселены» горючим – половина отличных АТЗ оказывается пуста. По большому счету, в Земле происходит не дегазация, а флюидоциркуляция; кроме восходящих есть и нисходящие токи, и становление их схемы в принципе неоднозначно. Требуются методы детекции уже сложившихся скоплений.

ОЦЕНКА ДВИЖЕНИЙ В ГЕОСРЕДЕ В ОБСТАНОВКЕ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ

М.А. Телепин

Институт проблем нефти и газа (ИПНГ) РАН, Москва

There are elaborate models of “global convection” (being the main reason for that!). Yet it might be as well to make a rough estimation, in order to check the computations. Still the formula, adapted to do it, is absent. I filled this need. And then made some crucial conclusions.

Движение вязкой среды подчинено закону, данному формулой вязкого сопротивления. К настоящему времени разработано немало сложных, обстоятельных моделей эволюции Земли, где эта формула включена в замысловатую модельную схему. Но понять их внутреннюю жизнь трудно (видимо, даже самим творцам). Это своего рода «черные ящики». Не мешало бы проверить их, оценив происходящее *прикидкой по простейшей формуле*. Однако до сих пор такой возможности не было – формулы-то есть, но они написаны в таком виде, что геолог-нематематик не может ими воспользоваться. Вот это упущение я и восполняю. А актуальность оценки дает сравнение вариантов циркуляции: через глобальную конвекцию всей массы Земли — и через течение флюидов (растворо-расплавов) по пучкам тонких каналов. Второе оказывается *на порядки действеннее*. (Впрочем, приверженцев «глобальной тектоники» это мало волнует.)

Итак, **формула вязкого сопротивления**. Она обращена к послойному течению в среде (положим – вдоль оси Z , со скоростью v) и выражает тот факт, что на контакте слоев сдвиговое усилие f , отнесенное к площади контакта $\Delta S = \Delta y \times \Delta z$, пропорционально градиенту скорости – вкрест течения, по оси X – с множителем η , именуемым «вязкость»: $f / \Delta S = \eta \cdot \Delta v / \Delta x$. Это – универсальное соотношение,

и потому оно несамостоятельно – предполагает включение в ту или иную опосредствующую модель.

Вместе с тем имеются и законченные частные типовые модели – для них математикой даны конечные формулы (вывод их непрост!). Судить о движении геосреды можно, опираясь на следующие схемы: (1) шар, движущийся в вязкой субстанции; (2) вязкая субстанция, движущаяся в трубе (или щели).

Для случая (1) (шар) в литературе [Яворский Б.М. и др. Справочник по физике. М.: Наука, 1977. С. 334] дана формула (**закон Стокса**) $v = 2 \Delta \sigma g r^2 / 9 \eta = 2 \Delta \sigma g \varnothing^2 / 36 \eta$, где $\Delta \sigma$ – контраст плотности, g – сила тяжести, r и \varnothing – радиус и поперечник шара [у нас – в см], η – вязкость. Доработаем эту формулу, раскрывая значение величины $\Delta \sigma g$. По размерности это – градиент давления. В самом деле, плотность кубика есть его масса, отнесенная к объему, т. е. к основанию и высоте; сила тяжести переводит его массу в вес, так что получится давление – отнесенное к высоте. Слою в 1 см единичной плотности отвечает давление 0.001 атм ~98 паскалей. Таким образом с этими единицами можно написать $\Delta \sigma g = 98 \Delta \sigma$, а вся формула будет $v = 2 \cdot 2.72 \Delta \sigma \varnothing^2 / \eta$, где v в см/сек, $\Delta \sigma$ в г/см³, η в единицах Па · сек. Если же η задано в привычных пуазах, то $v = 2 \cdot 0.272 \Delta \sigma \varnothing^2 / \eta$. Также, поскольку год $\approx 3,156 \cdot 10^7$ сек (приблизительно), имеем $v = 2 \cdot 0.858 \Delta \sigma \varnothing^2 / (\eta \cdot 10^{-7})$, v тут в см/год. [Замечу: вглубь, вплоть до 3000 км (ядро), g меняется мало.]

Там же [с. 338] дана формула для случая (2) – для потока вязкого вещества в трубе – как объем, проходящий через ее сечение в единицу времени. Да, крупнотоннажный подход – это солидно. И все же порою требуется оценка линейной скорости. Однако формулы, приспособленной к такой оценке, до сих пор не было дано. Хотя сделать это весьма просто. В самом деле, деля дебит потока на площадь его сечения (заодно заменив радиус диаметром), получаем *среднюю скорость потока*: $v_{cp} = \Pi \varnothing^2 / 32 \eta$ (**модифицированная формула Пуазейля**); $\Pi \square$ тут – перепад давления, отнесенный к единице длины потока, т. е. градиент напора. Если перед нами – кольцо конвективной циркуляции, с отклонениями плотности $\Delta \sigma$ противоположного знака на ветви подъема и на ветви опускания, то, как и выше, градиент давления, $\Pi \square$ будет $98 \Delta \sigma$ [Па/см]; с переходом к заданию вязкости в пуазах формула обретает вид $v_{cp} = 0.272 \Delta \sigma \varnothing^2 / \eta$ [см/сек], либо $v_{cp} = 0.858 \Delta \sigma \varnothing^2 / (\eta \cdot 10^{-7})$ – в см/год. [В случае же двумерности (труба → щель) величину v в формулах надо удвоить.] Данная адаптация делает оценку предельно доступной для всякого.

Можно видеть, что случай (2) по описанию подобен случаю (1). Но там движение контролирует неподатливая геосреда, имеющая вязкость в пределах 10^{20} – 10^{24} пуаз, а тут в канале течет подвижный флюид малой вязкости, $0.1 \div \square 10$ пуаз. [Впрочем, активность флюида готова помочь и продвижению в геосреде отдельных блоков, об этом чуть ниже].

Применим формулу Пуазейля, в нашей адаптации, к оценке глобальной конвекции. Труба, вернее стенка ее, задается зоной нулевых скоростей (эта условная поверхность фигурирует и в работе О.Г. Сорохтина [Глобальная эволюция Земли. М.: Наука, 1974. 184 с.]). Сечение трубы переменное, книзу суживающееся; одновременно нарастает вязкость. Оценка скорости надо бы делать «по минимуму», памятуя, что узкие места «делают погоду». Возьмем, однако, «либеральные» параметры: $\varnothing \square = 3200$ км ($\approx 10^{8.5}$ см), $\eta = 10^{23}$ Пз (замечу, что сие значение параметр η превышает уже с глубины 1100 км), а также $\Delta \sigma = 0.05$. Тем не менее полу-

чаем следующее: $\dots(10^{8.5})^2/(10^{23} \cdot 10^{-7}) = 10$, эту величину остается еще умножить на 0.858 $\Delta\sigma$ (≈ 0.04) – и мы имеем скорость в *см/год*.

А для движения флюида по каналу аналогичные сомножители произведения будут, по самой сдержанной оценке ($\varnothing \square = 0.01$ см, $\eta = 1.0$ пуаз): $\dots(10^{-2})^2/(1.0 \cdot 10^{-7}) = 1000$ (тоже – домножить на 0.858 и на контраст плотности, $\Delta\sigma$). Как говорится, почувствуйте разницу!

Обратим теперь внимание на эффект «*трясинного проседания*» в зоне умеренного флюидовосхождения. Холодное тело (блок) размера $\varnothing_{\text{бл}} = D$ тонет; его $\Delta\sigma > 0$, поскольку вокруг течет струя горячего газонасыщенного флюида глубин, $\varnothing_{\text{стр}} = D + d$. Концентрируясь при встрече с телом, поток становится агрессивным (известный эффект) и разъедает среду, переводя ее в пульпу, – подмывает «фундамент» тела (аналогия с домостроением), и тело проседает в освободившуюся нишу. Этим способом блок может длительно идти вглубь – пока остается цельным (но ведь кондуктивное проникновение тепла в кусок – процесс неспешный; к тому же рост давления с глубиной выступает антагонистом нагреву). Затягивая вещество верхов в глубины планеты, данный механизм работает против плотностного расслоения ее, осуществляет ее обновление, рециклинг. Другой вариант – закупорка канала, с нарастанием аномально высокого давления. Когда же поток флюида делается чрезмерно энергичным, он начнет выталкивать все находящиеся в нем тела, как это происходит при извержении вулкана с вулканическими бомбами. Для строгого (формульного) математического разрешения эта проблема представляет серьезную трудность, однако возможно исследование путем численного моделирования различных вариантов.

КВАЗИТЕРМОЯДЕРНАЯ ПРИРОДА ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ ЭВОЛЮЦИИ И ДЕГАЗАЦИИ ЗЕМЛИ

Э.И. Терез¹, М.Е. Герасимов²

¹ НИИ «Крымская астрофизическая обсерватория», Научный, Украина

² Крымская геофизическая экспедиция, Симферополь, Украина

The suggested model explains the inner energy of the Earth by thermonuclear reactions, occurring in the Earth's core the basic element of which is hydrogen in its various modifications (metallic hydrogen, iron hydrates, and hydrogen solution in iron).

Из всех наблюдаемых геофизических и геологических явлений наибольшее значение в планетарном масштабе имеет поток тепла из внутренних областей Земли. Согласно сегодняшним данным градиент температуры (во всяком случае, для глубины нескольких десятков километров) составляет $dT/dr = 0,025 \div 0,03$ Град/м (т.е. температура возрастает, по разным оценкам, примерно на 25° – 30° с каждым километром вглубь земной коры). Отсюда расчетная, теоретическая величина теплового потока через земную поверхность составляет $F \approx (2,6 \div 3,1) \cdot 10^{13}$ Вт или $(26 \div 31)$ Твт. Естественно, чтобы знать точную величину, необходимо провести экспериментальные измерения. В настоящее время выполнены тысячи исследований теплового потока Земли. Однако, как выяснилось, экспериментально также затруднительно получить точную величину интегрального теп-

лового потока. Дело в том, что локальный тепловой поток из внутренней части планеты оценивается с помощью бурения неглубоких скважин и измерения температурных коэффициентов, а также тепловой проводимости. Простое усреднение всех полученных экспериментальных данных – довольно грубый способ, дающий весьма приблизительную величину теплового потока. Чтобы повысить точность, необходимо провести не простое суммирование данных, а к необработанным данным применить различные поправки. Согласно последней фундаментальной монографии о Земле [1], абсолютный тепловой поток, проходящий через поверхность Земли, основанный на усреднении экспериментальных измерений, оценивается величиной 30 TW. Однако, некоторые ученые считают эту величину заниженной и, учитывая различные коррекции и поправки, полагают, что более вероятная величина интегрального потока составляет 46 ± 3 TW (10^{12} Дж/с) [2].

Очевидно, что для оценки полной энергии, генерируемой Землей, нужно, дополнительно учесть, что в земном ядре для генерации геомагнитного поля должно выделяться примерно столько же энергии, т.е. в сумме полную энергию Земли можно оценить величиной порядка 60–92 TW ($2,85 \cdot 10^{21}$ Дж/год).

Что может являться долговременным источником такой громадной энергии? Еще недавно основным поставщиком этой энергии считался распад долгоживущих радиоактивных изотопов, таких как ^{238}U , ^{235}U , ^{232}Th и ^{40}K , присутствующих в земных недрах, включая ядро Земли. Приблизительно было рассчитано, что энергия, освобождаемая в результате радиоактивного распада, может составлять $2,3 \cdot 10^{20}$ кал/год или $9,63 \cdot 10^{20} \approx 1 \cdot 10^{21}$ Дж/год. Однако, эта величина недостаточна для объяснения суммарной энергии, выделяемой Землей. Кроме того, эта расчетная энергия радиоактивного распада явно завышенная, т.к. обнаружена тенденция к снижению содержания в породах литосферы радиоактивных элементов по мере погружения в мантию Земли, и, по-видимому, эффект радиоактивности совсем отсутствует в ядре Земли.

В настоящее время для объяснения огромной энергии, генерируемой Землей, привлекаются разные гипотезы. Еще недавно основным поставщиком этой энергии считались: глубинная дифференциация недр планеты, приливное воздействие Луны; химическая сегрегация; генерация тепла в жидком ядре Земли за счет внутреннего и внешнего трения, проявляющегося при вращении жидких слоев с разной вязкостью относительно друг друга [3] и т.д., даже космические источники энергии, обусловленные воздействием на Землю процессов в Галактике.

Возникает вопрос: возможно ли, что основным источником энергии в ядре Земли являются реакции термоядерного синтеза, как это, по-видимому, имеет место в недрах планет-гигантов. Для этого необходимо, как минимум, два условия: 1. В ядре Земли должен присутствовать в значительных количествах водород, что, в общем, противоречит господствующей теории о железном ядре Земли; 2. Необходимо наличие сверхвысоких температур и давлений, что тоже не соответствует общепринятым представлениям.

Рассмотрим эти вопросы подробнее.

1. В настоящее время становится все более очевидным, что Земля и планеты возникли из того же вещества, что и Солнце. И первым этапом создания планетной системы был сброс (отделение) в экваториальной области Протосолнца (некоей туманности) части вещества, которая распространилась в плоскости эклиптики в виде протопланетного диска. Протопланетное кольцо в результате эволюции разорвалось на отдельные фрагменты, которые в силу действия сил гравита-

ции и собственного вращения постепенно превратились в отдельные шаровидные глобулы. Согласно идее английского астрофизика Фреда Хойла (Fred Hoyle) при отделении протопланетного диска определяющую роль должно играть собственное магнитное поле Протосолнца. Иными словами, при формировании протопланетного диска должна происходить магнитная сепарация, т.е. разделение ионизированных частиц (элементов) в зависимости от их потенциалов ионизации. Геофизик В.Н.Ларин [4] на основе этой идеи рассчитал, что вследствие магнитной сепарации первоначально в Протоземле должно было быть около 60 % водорода в атомных количествах или 4,5 % по весу. Далее происходило гравитационное уплотнение Протоземли – уменьшение диаметра сферы и, соответственно, быстрое возрастание угловой скорости вращения. Часть водорода диссипировала в космическое пространство, но значительная часть вследствие сепарации (эффект центрифуги) как более легкая компонента должна была собраться в центре планеты и затем при остывании образовать различные химические соединения – гидриды или, частично, остаться в ядре в виде металлического водорода, или в виде твердого раствора водорода в железе.

2. Согласно классической теории термоядерной реакции, предложенной Гамовым и Бете, скорость воспроизведения синтеза ядер при температуре $T < 10^5$ К быстро падает. Однако, Зельдович [5] показал, что реакции термоядерного синтеза могут проходить подбарьерно и в холодном водороде, сжатом до плотности 10^4 г/см³ и менее. Китайский астрофизик Ванг Хонг-цханг [6] считает, что при низких температурах ($T < 10^5$ К) и высокой плотности плазмы характеристики ядерного синтеза могут быть объяснены лишь при учете необходимых поправок. Давление в ядре Земли составляет $5 \cdot 10^6$ бар. Плотность металлического водорода при таком давлении явно недостаточна для начала термоядерной реакции, несмотря на температуру $T \approx 6000$ К. Но следует учесть, что на Земле ежегодно происходят порядка 100 крупных землетрясений, которые порождают упругие продольные волны. Продольные волны, проходя через вещество в местах пучностей, создают локальные повышения плотности. Таким образом, давление в местах пучностей продольной волны может возрастать на порядки, т.е., если говорить о земном ядре, то при прохождении продольных (сейсмических) волн давление в локальных точках может достигать 10^8 – 10^9 бар и более. Следовательно, можно предположить, что в ядре Земли вполне возможны термоядерные реакции в локальных областях, являющиеся основным источником внутренней энергии Земли и геодинамических процессов.

Ванг Хонг-цханг (6), построив диаграмму масса – светимость для планет – гигантов и для Земли, показал, что эта диаграмма аналогична звездной, т.е. существует четкая линейная зависимость логарифма светимости от логарифма массы. Это может иметь только одно объяснение – энергия образуется в результате термоядерных реакций, при которых скорость производства энергии экспоненциально возрастает с ростом температуры. И тот факт, что светимость Земли попадает на ту же прямую, что и планеты-гиганты, позволяет утверждать, что основной механизм внутренней энергии Земли – также термоядерные реакции.

В ядре Земли, где возникают локальные очаги термоядерных реакций, должна резко возрастать температура. При этом растворимость водорода в металлах значительно уменьшается, т.е. в этой зоне выделяется большое количество свободного водорода (протонного газа), и, соответственно, давление резко возрастает. Происходит локальное вспучивание и выдавливание потоков водородной плазмы

из ядра наружу. Вследствие вращения Земли и наличия кориолисова ускорения водородные потоки во внешнем жидком ядре Земли, имеющем высокую электропроводность, закручиваются в спирали. Эти спирали в сумме образуют соленид и, как следствие, дипольное магнитное поле Земли.

Водородно-флюидные потоки, возникающие во внешней части внутреннего ядра Земли, являются источником эндогенной тепловой энергии Земли, которая многократно превосходит суммарную энергию радиоактивного распада. Эти водородно-флюидные потоки, переносящие к поверхности планеты наибольшее количество тепловой энергии, способствуют формированию плюмов вязкого и твердого вещества, т.е. развитию плюм-тектоники, а впоследствии и плейт-тектоники. Роль плюмов в эндогенных процессах исследована многими авторами, в частности, в многочисленных публикациях Лаборатории петрологии и рудогенеза Института земной коры СО РАН [3]. В основе всех геологических концепций о развитии Земли как космического тела лежат представления о дегазации и выносе из недр в верхние горизонты литосферы и за ее пределы огромных масс вещества. Поскольку глубинный флюид является универсальным теплоносителем, то следы его воздействия на породы земной коры и верхней мантии фиксируются однозначно, проявляясь в виде магматизма и вулканизма, гранитизации, метаморфизма и др. Восходящие водородно-флюидные потоки как бы "вымывали" углерод из глубинных геосфер, перемещая его в самые верхние оболочки литосферы. В силу проявления такой тенденции в осадочном чехле планеты и покрывающих ее водных бассейнах возрастала общая концентрация углерода, что приводило к формированию разнообразных соединений – от карбонатных толщ до скопления угля и углеводородов.

Литература

1. *Anderson D.L.* New Theory of the Earth. New York: Cambridge U. Press, 2007. 384 p.
2. *Lay T., Hernlund J., Buffett B.A.* // Nature geoscience. 2008. V. 1. P. 25-32.
3. *Летников Ф.А.* Сверхглубинные флюидные системы Земли и проблемы рудогенеза // Труды 2 Международного семинара, Владивосток, 2002. Иркутск; Владивосток: Изд-во ИрГТУ, 2002. С. 5-24.
4. *Ларин В.Н.* Наша Земля (происхождение, состав и развитие изначально гидридной Земли). М.: Агар, 2005. 247 с.
5. *Зельдович Я.Б.* // ЖЭТФ. 1957. Т. 33. Вып. 4. С. 991-993.
6. *Wang Hong-zhang.* // Chin. Astron. Astroph. 1990. V. 14, №4. P. 361-370.

ПОЛОЖИТЕЛЬНАЯ E_u АНОМАЛИЯ КАК ИНДИКАТОР ГЛУБИННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ ПОРОДООБРАЗУЮЩИХ ФЛЮИДОВ

Е.Н. Терехов, А.С. Балухев

Геологический институт РАН, Москва, Россия; tereh@ilran.ru

Among the metamorphic rocks of the Baltic shield are found of veins and tectonic zone, formed granites and blastomylonites with of positive E_u anomaly is not typical for

rocks the top of the Earth's crust. These structures we regard as former channels degassing deep reduction fluids during regional extension.

Большинство пород, обнажающихся на поверхности Земли, характеризуется отрицательной Eu аномалией или отсутствием таковой. При этом ни одна из вулканических пород мантийного происхождения не показывает истощения Eu ($Eu/Eu^*=0,65$), типичного для среднего состава верхней коры [1]. Поэтому возникает вопрос: где же этот элемент концентрируется? Широкая распространенность в постархейских образованиях пород с отрицательной Eu аномалией и как следствие этого существование характерного распределения РЗЭ в осадках (кривая PAAS), которая отражает средний состав размывающихся толщ, косвенно указывает на наличие глубинных (нижнекоровых) пород с комплиментарным характером распределения REE (с положительной Eu аномалией). Однако, для большинства пород гранулитовых комплексов, которые обнажаются на поверхности, а ранее могли находиться в нижней коре, положительные Eu аномалии достаточно редки. Причем некоторые исследователи считают, что эти комплексы при эксгумации теряют Eu и аномалия исчезает. Можно предполагать, что в коре существует подвижный резервуар, приуроченный к некому рубежу земной коры, где и концентрируется Eu. Подобно горизонту некоторые разделы в земной коре постоянно удалены. Например, граница зон пластичных и хрупких деформаций находится более или менее на одной глубине (10–15 км от поверхности). Но в коре находятся и породы, имеющие положительную Eu аномалию. Это, прежде всего нефть, уголь, фосфориты, а также кислые образования [1, 5, 7], для которых эта аномалия кажется противоестественной. Именно исследование последних, как ни парадоксально это выглядит, может способствовать пониманию закономерностей формирования земной коры в целом и нефти в том числе.

Среди метаморфизованных образований Балтийского щита известно достаточно много кислых пород с положительной Eu аномалией. Одни из них представлены разностями гранитного облика, в виде вертикальных жил, а другие – blastsмилонитами тектонических зон. Граниты имеют форму просечек или жил мощностью 1–50 см, реже до 2 м. Иногда они имеют вид ортотектитов, слагающих неправильной формы «пятна» или линзы шириной 20–30 см в поперечнике. Реже наблюдается развитие ортотектитов по системе двух взаимно перпендикулярных направлений. Граниты являются лейкократовыми породами: количество биотита в них не превышает 5 %. Их структура меняется от крупнозернистой до пегматоидной. На границе гранитов и вмещающих пород часто развиты биотитовые каёмки, что свидетельствует об их образовании путем плавления на месте. Если вмещающие породы содержат: гиперстен, голубой кварц, кианит, то эти же минералы, но в меньших объёмах и в перекристаллизованной форме встречаются и в гранитах. При расположении гранитов среди сложно смятых «серых гнейсов» или чарно-эндербитов, они образуют серию разноориентированных жил. Среди моноклинально падающих толщ они чаще всего слагают жилы вдоль простирания структур, но имеют противоположные падения. Бластомилониты слагают тектонические зоны мощностью от первых до сотен метров. Это – светлые тонко-мелкозернистые породы, с варьирующим количеством и размеров «очков». Ориентировка биотита создает в них сланцеватую текстуру, согласно которой вытянуты веретенообразные зерна кварца. «Очки» представлены полевым шпатом, реже гранатом, которые слагают до 25 % объема породы. На плоскостях сланцеватости встречаются зеркала

скольжения, свидетельствующие о хрупких условиях их формирования на заключительных стадиях процесса. Граниты и blastsмилониты с положительной Eu аномалией, встречающиеся на территории Балтийского щита, были образованы на заключительных этапах эволюции метаморфических комплексов на стадии перехода от пластичных к хрупким деформациям. Это вероятнее всего совпало с эксгумацией глубинных пород в обстановке регионального растяжения [6].

Все исследуемые породы с Eu аномалией, независимо от их приуроченности к различным комплексам, характеризуются высокими содержаниями SiO_2 (70–76 %), являются высокоглиноземистыми и содержания калия достигают 7–10 %, что указывает на метасоматический привнос этого элемента. Особенностью рассматриваемых пород является обедненность: TiO_2 , Fe_2O_3 , MnO , MgO , P_2O_5 и по соотношению суммы щелочей и кремнезема отвечают субщелочным гранитам. Они так же обеднены Rb и Zr, концентрации которых в 1.5–3.5, а в отдельных пробах в 7–14 раз меньше по сравнению с содержанием этих элементов в граните литосферы [2]. Накопление Ba и Sr в изученных породах в 2–6 раз больше кларка гранитов литосферы и их концентрации не связаны с содержаниями петрогенных элементов хозяев – K и Ca, как это характерно для большинства магматических пород. Вероятно, какие-то другие причины контролируют их накопление. Одной из причин значительной концентрации этих элементов может быть аномально высокая температура образования этих пород [2, 6].

Особенностью распределения REE в рассматриваемых породах являются низкие их концентрации. La, Ce, Nd, Sm в 2–30 раз меньше по сравнению с гранитами земной коры и еще они беднее тяжелыми REE, концентрации которых близки к хондритовым. Особенно заметно это истощение REE по сравнению с вмещающими породами. При этом граниты характеризуются очень высокими $(\text{La}/\text{Yb})_n$ отношениями, более 150, а связь между величиной положительной Eu аномалией и $(\text{La}/\text{Yb})_n$ отсутствует, а распределение REE и величина Eu аномалии в названных породах не зависит от их химического состава.

Все REE трехвалентны, но в восстановительной среде Eu^{+++} переходит в Eu^{++} . Поэтому, при плавлении под давлением восстановительных флюидов происходит образование Eu^{++} . Eu^{++} доступнее позиции, куда не может попасть Eu^{+++} , так левые шпаты охотнее принимают Eu^{++} , который близок по размеру к Sr^{++} , а в барийсодержащих минералах происходит замена Ba^{++} на Eu^{++} . По этой схеме размер Eu аномалии прямо пропорционален содержаниям кальция и стронция, но в нашем случае такого явления не наблюдается. Наибольшие Eu аномалии характерны для гранитов обогащенных Ba, то есть элемента, накопление которого часто увязывается с глубинными флюидами. Eu^{++} больше по размеру, чем Eu^{+++} [1], поэтому для перехода Eu^{+++} в Eu^{++} , помимо восстановительных флюидов, благоприятным фактором являются условия растяжения.

Наблюдаемое распределение РЗЭ в гранитах и blastsмилонитах, можно объяснить восстановительными условиями среды их формирования. Представляется следующая модель геодинамической обстановки в которой происходило образование изученных пород. Граница хрупких и пластичных деформаций, к которой приурочено формирование исследуемых пород, в последние годы привлекает всё большее внимание геологов, геофизиков и геохимиков. Именно эта граница рассматривается как существенный раздел в земной коре («барьерная зона»), который контролирует выход флюидов и пластичных пород к поверхности [3]. При растяжении коры, этот барьер разрушается и сквозь него происходит прорыв

глубинных, преимущественно восстановительных флюидов. Исследуемые граниты образовывались на границе зон хрупких и пластичных деформаций, в период подъёма глубинных пород к поверхности. Бластомилониты формировались на ещё больших глубинах, и они, как и граниты, фиксировали этапы вывода глубинных пород к поверхности, что сопровождалось, судя по наличию положительной Eu аномалии, потоком восстановительных флюидов. Многообразие моделей переноса флюидов в земной коре сводится к двум главным типам: миграции по системе открытых пор и трещин и «вязким» тектоническим разделам, которые в общих чертах можно сравнивать с жилами гранитов и зонами бластомилонитов. При растяжении и декомпрессии, происходит прорыв восстановительных флюидов, перемещающихся вверх по зонам бластомилонитов или открытым трещинам (в зоне хрупких деформаций). Восстановительные флюиды характеризуются большим тепловыделением, что способствует частичному плавлению вдоль временно открытых трещин и формированию гранитов истощенных мафическими компонентами (вынесенных в ходе водородной продувки) и имеющих положительную Eu аномалию – показателя восстановленной среды. Поднимаясь вверх, флюиды окисляются и формируют различные метасоматиты с отрицательной Eu аномалией. Таким путем и осуществляется комплиментарная дифференциация Eu, который концентрируется в районе «переходной зоны», куда периодически прорываются восстановительные флюиды, а затем уже истощенные Eu и окисленные, они устремляются вверх определяя состав верхней части земной коры.

Таким образом, наиболее благоприятными участками для формирования верхнекоровых пород с положительной Eu аномалией являются зоны растяжения – рифты, комплексы метаморфических ядер, отдельные сбросы в которые проникают восстановительные флюиды. Именно к таким структурам и приурочены проявления и месторождения нефти, составы которой так же имеют положительную Eu аномалию, свидетельствующую о глубинном генезисе породообразующего флюида.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант 09-05-00812.

Литература

1. *Балашов Ю.А.* Геохимия редкоземельных элементов. М.: Наука, 1976. 168 с.
2. *Беус А.А.* Геохимия литосферы. М.: Наука, 1981. 335 с.
3. *Иванов С.Н., Русин А.И.* Континентальный рифтовый метаморфизм // Геотектоника. 1997. № 1. С. 6-19.
4. *Тейлор С.Р., Мак-Леннан С.М.* Континентальная кора: её состав и эволюция. М.: Мир, 1988. 384 с.
5. *Терехов Е.Н.* К проблеме происхождения кислых пород с положительной Eu аномалией – индикаторов процессов растяжения (восточная часть Балтийского щита) // ДАН. 2004. Т. 397. №5. С. 675-679.
6. *Терехов Е.Н.* Особенности распределения РЗЭ в корундсодержащих и других метасоматитах периода подъёма к поверхности метаморфических пород Беломорского пояса (Балтийский щит) // Геохимия. 2007. № 4. С. 411-428.
7. *Федоров Ю.Н., Ронкин Ю.Л.* Eu аномалия в нефтях и пластовых водах юрско-меловых резервуаров Западной Сибири // Дегазация Земли: геодинамика, нефть, газ и их парагенезисы. Мат Всерос. Конф. М.: ГЕОС, 2008. С. 506-508

ОТ ТЕОРИИ ТРУБ ДЕГАЗАЦИИ П.Н.КРОПОТКИНА К ТЕХНОЛОГИИ КАРТИРОВАНИЯ ОЧАГОВ РАЗГРУЗКИ ГЛУБИННЫХ ФЛЮИДОВ

А.И. Тимурзиев

Москва, ул. Народного Ополчения, дом 38/3, ОАО «ЦГЭ», aitimurziev@cge.ru

In conditions of rapprochement of the extreme points of view on hydrocarbon genesis and definition of the uniform concept of oil and gas fields formation as forms of a "cold" branch of deep outgassing of the Earth (Outgassing of the Earth, 2002), on the agenda rises a practical question of development of methods of forecasting and mapping of the centers of the latent unloading of deep fluids (including hydrocarbons) in a sedimentary cover and the basement of the Earth's crust.

В условиях сближения крайних точек зрения на генезис УВ и выработки единой концепции формирования залежей УВ как формы проявления «холодной» ветви глубинной дегазации Земли (Дегазация Земли, 2002), на повестку дня встает практический вопрос выработки методов прогнозирования и картирования очагов скрытой разгрузки глубинных флюидов (включая УВ) в осадочный чехол и фундамент земной коры. Решение этой задачи подводит нас не только к снятию вопроса об источниках и формах миграции УВ, но и к прямому прогнозу нефтегазоносности недр.

Введение. Благодаря внедрению технологии сейсморазведки 3D в пределах осадочных нефтегазоносных бассейнов (НГБ) мира выявлены и получили детальную характеристику структуры горизонтального сдвига (СГС). Работами ЦГЭ [1–2, 4–5] на многочисленных примерах месторождений Западной Сибири доказано, что СГС, контролирующие широкий спектр структурно-деформационных и флюидодинамических парагенезов нефтегазоносных структур, равно как и формирование залежей УВ на этих структурах, обусловлены сдвиговыми деформациями новейшего этапа активизации. Сегодня стало очевидным, что проявление СГС в пределах НГБ мира явление широко распространенное. Геологический феномен, связанный со СГС, выходит за рамки традиционных представлений о строении и генезисе «цветковых структур» [5] и не поддается распознаванию и интерпретации стандартными методами геолого-геофизического анализа.

СГС достоверно выделены работами ЦГЭ в пределах Надым-Пурской, Пур-Тазовской и Васюганской синеклиз Западной Сибири, включающие Губкинский, Вынгапуровский, Тазовский, Харампурский, Бахилковский и Александровский нефтегазоносные районы). Встречающиеся примеры интерпретации сейсморазведки 3D из опубликованных работ свидетельствуют о повсеместном проявлении сдвиговых деформаций в пределах ОБ России и зарубежных стран [4]. СГС представлены кулисным расположением локальных структур, «цветковыми структурами» на сейсмических профилях, кулисообразно построенными системами сбросов и взбросов, фиксирующих шовные зоны сдвигов фундамента. Все эти многочисленные примеры свидетельствуют о глобальном характере тектонических процессов, определивших проявление в ОБ мира новейших сдвиговых деформаций.

Встречающиеся варианты интерпретации СГС. Анализ опубликованных работ показал, что СГС отождествляются с различными геологическими структурами и явлениями и интерпретируются как: оползневые дислокации (М.Ю.

Зубков, 1984); инверсионные кольцевые структуры (ИКС) или погребенные кольцевые депрессии (Л.Ш. Гишгорн, В.Г. Кабалык, 1990); столбчатые аномалии скоростей и амплитуд – VAMP (Scholl, Hart, 1993); карстовые структуры обрушения и цилиндрические зоны коллапса (С.Story et al., 2000); ложные аномалии и структуры (В.А.Трофимов, В.А. Екименко, 2001); зоны палеокарстовой ангидритизации и доломитизации (В.Е. Томилин, Р.Х. Масагутов, 2002); погребенные «газовые трубы» и «караванные тропы флюидов» (Р.М. Гатаулин, 2002); погребенные грязевые вулканы (Р.М. Гатаулин и др., 2006); столбы вторичной карбонатизации (П.Ф. Иванкин, Н.И. Назарова, 2001); флюидодинамические системы и структуры, связанные с дезинтеграционными явлениями (В.В. Харахинов и др., 2005); флексурные зоны и складки поперечного изгиба (Т.В. Ольнева, Э.В. Сапрыкин, 2004); каналы перетоков УВ, контролируемые инъекционными структурами (диапиры, трубы «chimneys», грязевые вулканы (Б.М. Валяев, 2006) и грязевувулканические тела (А.И. Ларичев и др., 2006); локализованные (Б.М. Валяев, 1987), фокусированные (М.К. Иванов, 2000) и сосредоточенные (В.А. Соловьев, 2002) очаги разгрузки метана; солитонные трубы дегазации (Р.М. Бембель, 2006); аномальная баженовка (Я.Г. Аухатов, 2004); глициотектонические структуры (А.А. Растегин, 2006); диапировые структуры (И.И. Нестеров, 2004); красные «курильщики» Кызылкумов (В.Г. Печенкин, 2007); черные «курильщики» океанов (А.П. Лисицин и др., 2004); газовые трубы Охотского (Е.А. Давыдова, 2007) и Черного (В.И. Созанский, 2007) морей; структуры протыкания, «диапировые» структуры и валы (А.О. Мазарович, 1998) и др.

Ледяные колонны над газовыми залежами, проявления гидровулканизма и различных форм диапиризма, залповые прорывы (выбросы) газовых струй, в том числе горячих струй дна Мирового океана (Welham, Craig, 1979; Jul Sano, Akiko Urabe, Hiroshi Wakita et al., 1985), конусы таяния многомерзлотных пород (В.А. Скоробогатов и др., 2003) и многие другие признаки разгрузки флюидов в осадочном чехле, являясь различными формами проявления глубинной дегазации Земли, находят у большинства цитированных авторов различное толкование физической природы, и такое же многообразие структурной интерпретации и привязки этих явлений к различным типам структур. Наблюдаемое многообразие суждений в интерпретации форм проявления одного и того же геологического явления, не способно обеспечить выработку прогнозных критериев проницаемых зон земной коры в рамках флюидодинамической парадигмы нефтегазовой геологии (В.Е. Хаин, Б.А. Соколов, 1994; В.Е. Хаин, 2004; А.И. Тимурзиев, 2007) и разрабатываемой нами фильтрационной теории нефтепоисков (А.И. Тимурзиев, 2004–2010). В то же время в концепциях глубинного генезиса рудных полезных ископаемых (А.П. Пронин, 1997) и УВ (Б.М. Валяев, 2006) локализованным потокам глубинных флюидов и контролирующим их проницаемым каналам (вертикальным «сверхпроводящим» колоннам) отводится ведущая роль. Наши исследования показывают, что современный уровень знаний, основанный на интерпретации сейсморазведки 3D, позволяет локализовать очаги разгрузки глубинных флюидов на телах горизонтальных сдвигов фундамента и подойти к решению технологии прямых поисков нефти.

Выполненный анализ опубликованных работ приводит к выводам о том, что прямые свидетельства и описание геологического явления, связанного со сдвигами фундамента в ОБ, встречаются в единичных публикациях, в то время как прямые и косвенные признаки проявления СГС в большом количестве разбросаны

ны в печати, но не осознаны и не описаны с позиций сдвиговой тектоники. Все это указывает на неблагоприятную в целом ситуацию, сложившуюся в нефтегазовой геологии в области изучения СГС, которые, как теперь стало очевидным, являются широко распространенным явлением практически во всех НГБ мира.

Геодинамика и флюидодинамика СГС. Структуроконтролирующая роль сдвигов фундамента проявляется в элементах блокового строения, соподчиненности амплитуд разломов и локальных поднятий, одновременности формирования парагенезов пликативных и дизъюнктивных структур. В соотношении региональных сдвигов фундамента и положения локальных структур отмечается строгая соподчиненность, согласно которой последние являются осложнениями на телах сдвигов по их простиранию и в узлах пересечения.

Со СГС генетически связаны структуры растяжения земной коры, которые являются очагами разгрузки глубинных флюидов в чехле и фундаменте ОБ. Релаксация сдвигов фундамента через вертикальные восходящие движения (наложение структур растяжения на СГС) приводит к растяжению земной коры, раскрытию и дегазации недр с формированием комплекса структурно-деформационных и флюидодинамических парагенезов. В пределах локальных поднятий зоны растяжения представляют собой механо-деформационные структуры скрытой флюидодинамической эксплозии, обеспечивающие через первичный дислокационный эпигенез связь чехла с глубинными недрами и формирование вторично-наложенных инъекционно-диапировых и гидротермально-стратиформных парагенезов «нефтяных тел». Многочисленные примеры таких парагенезисов подтверждают этот вывод и позволяют выработать единый взгляд на формирование залежей УВ, генетически связанных с локальными зонами проницаемости на телах СГС. В основе этого подхода представления о комплексном механо-деформационном и флюидодинамическом механизме формирования нефтегазонасыщенных структур и их связи с новейшим этапом активизации и дегазации недр Земли. Проявления разномасштабной эруптивно-эксплозивной и гидротермально-метасоматической деятельности различных глубинных источников вещества и энергии недр Земли (магматический и грязевой вулканизм, соляной и нефтяной диапиризм, кимберлитовые трубки взрыва и различные формы проявления газовых эманаций), являются физическими явлениями одной природы, в основе которых разные сочетания геолого-физических условий раскрытия и дегазации недр различного глубинного уровня и химического состава в пределах структур растяжения на телах СГС.

В пределах СГС в зонах динамического влияния сдвигов фундамента на ширину оперяющих кулис осадочного чехла происходят вторичные изменения вмещающих пород и насыщающих их флюидов с формированием очаговых ареалов (расширяющихся вверх вертикальных столбов конической формы) дислокационного (трещиноватость пород) и гидрохимического (метасоматическое выщелачивание и гидротермальные изменения пород) эпигенеза, гидрохимических (снижение минерализации – опреснение и изменение типов вод), гидродинамических и барических (формирование аномально высоких пластовых давлений – АВПД и аномально высоких пластовых температур – АВПТ за счет привноса пережатых и перегретых газонасыщенных флюидов) аномалий пластовых вод.

Структуры растяжения на телах СГС контролируют очаговую проницаемость земной коры, выраженную в концентрированной форме транспорта глубинных флюидов. Со СГС связаны «трубы» дегазации П.Н. Кропоткина в форме локализо-

ванной разгрузки в верхней части земной коры глубинных (внутрикоровых и мантийных) флюидогенных минеральных ассоциаций и основные виды месторождений флюидогенной природы, включая рудную минерализацию. Они контролируют структурные формы аккумуляции (концентрации) флюидогенных залежей и рудных полей в чехле и фундаменте ОБ, связанные с жильной, трубчатой и конической морфологией контролирующих их флюидопроводников на телах СГС: брекчиевые и галечные столбчатые тела эпигенетических месторождений Л.Бриннера (1964), гидротермальные колонны и трансмагматические потоки флюидов Д.С. Коржинского (1976), рудоконтролирующие флюидопроводники Г.Л. Поспелова (1963), магматогенные рудные поля П.Ф. Иванкина (1970) конического типа, трубчатые тела брекчированных пород рудных полей В.А. Невского (1960) и В.Д. Перри (1962), пучковые структуры рудных месторождений Л.Г. Страхова (1965), структурные типы рудных полей, связанные с трубками взрыва (1966) и материализуют концепцию флюидной активности Земли А.П. Пронина (1997) как главного фактора рудообразования в геологической истории и геологических структурах.

Целью научных исследований в рамках дальнейшего развития теории труб дегазации П.Н. Кропоткина является создание на основе глубинно-фильтрационной модели нефтегазообразования и нефтегазонакопления новой теории онтогенеза нефти, как частной формы рудогенеза.

Литература

1. Гогоненков Г.Н., Кашик А.С., Тимурзиев А.И. Горизонтальные сдвиги фундамента Западной Сибири // Геология нефти и газа. 2007. №3. С. 3-11.
2. Тимурзиев А.И., Гогоненков Г.Н. Структурно-тектоническая характеристика фундамента сдвиговых зон на примере Еты-Пуровского вала // Геология нефти и газа. 2007. №6. С. 2-10.
3. Тимурзиев А.И. К созданию новой парадигмы нефтегазовой геологии на основе глубинно-фильтрационной модели нефтегазообразования и нефтегазонакопления // Геофизика. 2007. №4. С. 49-60.
4. Тимурзиев А.И. Новейшая сдвиговая тектоника осадочных бассейнов: тектонофизический и флюидодинамический аспекты (в связи с нефтегазоносностью). Автореф. дисс. ... д-ра геол.-минер. наук. М.: МГУ, 2009. 40 с.
5. Тимурзиев А.И. Новая кинематическая модель сдвигов // Докл. РАН. 2009. Т. 428, №4. С. 542-546.

МОЛЕКУЛЯРНЫЙ АЗОТ В ПЛАСТОВЫХ ФЛЮИДАХ ВОЛГО-УРАЛЬСКОГО НЕФТЕГАЗОНОСНОГО БАСЕЙНА

В.В. Тихомиров

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Университетская наб., 7

Distribution of molecular nitrogen and its isotopes was investigated in water, oil and gas in place within the Volga Urals oil-and-gas fields. It was revealed that distribution of molecular nitrogen of oil in situ depends on two-factor interaction predominately, degas-

sing of oil during migration and mass-transfer with water. Isotopic light nitrogen enter with deeply buried oil. Isotopic heavy nitrogen enter from subsalt brines.

Все нефтегазоносные бассейны древних платформ выделяются наличием эвапоритовых толщ, подсолевых рассолов, тяжелых сернистых нефтей и скоплений азотного газа. Проблема происхождения последнего и его связь с нефтеносностью давно привлекает внимание геохимиков-нефтяников. Одним из самых изученных среди древних нефтегазоносных бассейнов является Волго-Уральский.

Чтобы определить источники молекулярного азота и его роль в формировании нефтегазоносности были рассмотрены его распределение в подземных водах (мл/л), нефтях (м³/т) и пластовых газах (парциальные давления) Волго-Уральского бассейна, а также его изотопный состав.

Исследования показывают, что с ростом минерализации подземных вод содержание растворенного в них молекулярного азота растет до 200 мл/л и более, а содержание углеводородных газов падает. В пластовых нефтях бассейна содержание

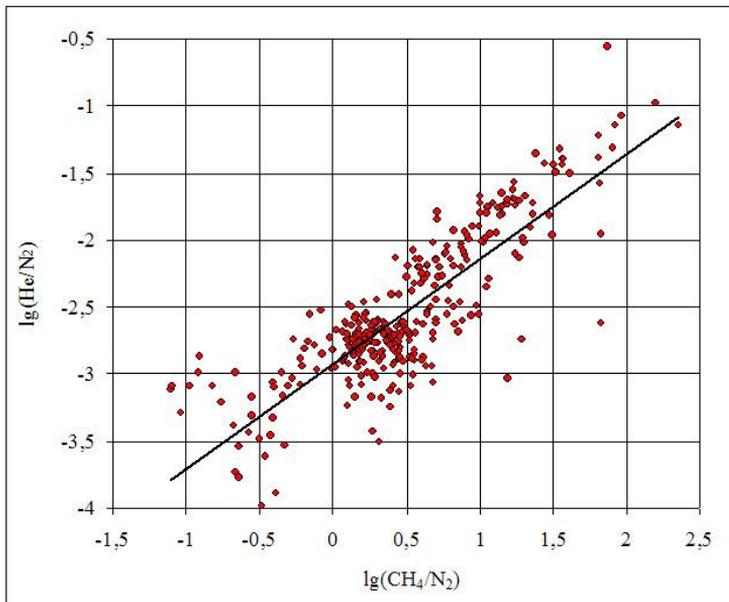


Рис. 1. Зависимость между содержанием гелия и метана в пластовых нефтях, нормированным относительно N_2 (коэффициент корреляции всей выборки 0,84) N_2 относительно стабильно (в диапазоне 0,5–27 м³/т при среднем 5 м³/т). С увеличением плотности нефтей, содержания серы и силикагелевых смол концентрации метана и гелия заметно падают, а содержание N_2 почти не меняется. В итоге концентрации наиболее летучих компонентов, He и CH_4 , нормированные по N_2 оказываются в прямой зависимости друг от друга (рис. 1). Однако, в ограниченной группе наиболее дегазированных пластовых нефтей, напротив, наблюдается заметная связь между содержанием гелия и N_2 при относительно стабильном содержании метана (рис. 2).

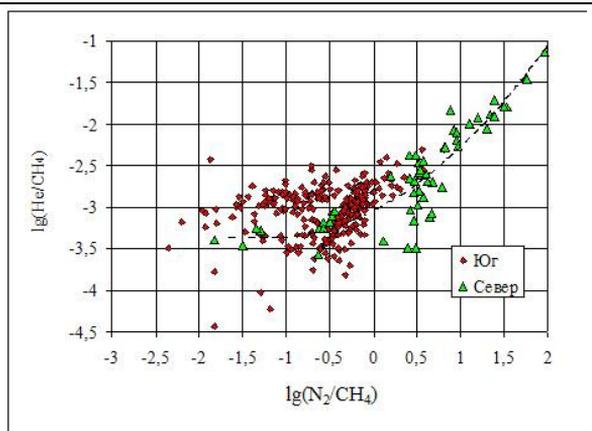


Рис. 2. Зависимость между содержанием He и N₂ в пластовых нефтях, нормированным относительно CH₄ (коэффициент корреляции выборки только северных нефтей 0,91)
Север – Пермский край, Удмуртская Респ., Кировская и Ульяновская обл.
Юг – Самарская и Оренбургские обл.

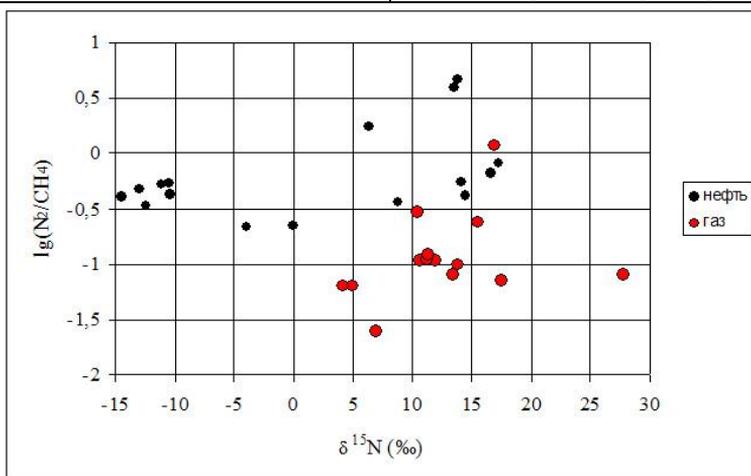


Рис. 3. Зависимость изотопного состава молекулярного азота пластовых нефтей и газов от его содержания нормированного относительно метана

Пластовые газы в большинстве случаев содержат мало азота. Но характерной особенностью древних бассейнов с эвапоритами является присутствие залежей почти чистого N₂ (до 99,8 % объема). Этот N₂ встречается в виде скоплений как непосредственно в солях, так и в подсолевых преимущественно карбонатных пермских и каменноугольных отложениях. Залежи N₂ обнаружены на территории всего Волго-Уральского бассейна. В них наблюдается прямая зависимость между содержанием N₂ и He, а парциальное давление N₂ достигает 78–80 атм.

Изотопный состав азота в пластовых газах и нефтях варьирует в диапазоне от -14‰ до +28‰ δ¹⁵N. Привлекает внимание, что азот пластовых газов всегда изотопно тяжелый (4–28‰ δ¹⁵N). Изотопно легкий азот (δ¹⁵N менее -4‰) связан пре-

имущественно с девонскими нефтями. В обоих случаях намечается тенденция утяжеления азота с увеличением его относительного содержания (рис. 3).

Анализ наблюдаемого распределения гелия и метана в пластовых нефтях Волго-Уральского нефтегазоносного бассейна показывает, что основным процессом, определяющим распределение летучих компонентов в нефтях, является дегазация. Но содержание N_2 почти не зависит от газонасыщенности и содержания метана нефтей и остается относительно стабильным (рис. 1). Более того, в пластовых водах его содержание пропорционально минерализации. Получается, что N_2 нефтей и пластовых вод почти не участвует в процессах дегазации. Связь содержания N_2 с дегазацией проявляется только в подсолевых залежах газов и нефтей, в которых метан почти отсутствует (рис. 2). Можно предположить, что N_2 поступающий с нефтью имеет очень низкие концентрации и относительно легкий изотопный состав ($\delta^{15}N$ менее 0). Большую часть N_2 нефти получают после дегазации из окружающих пластовых вод. Этот азот имеет тяжелый изотопный состав ($\delta^{15}N$ более 0) и концентрации, которые пропорциональны минерализации рассолов. Эту связь азота с минерализацией можно объяснить, если его источником является аммоний. Видимо, во время дегазации азот входил в состав аммония, а позже превратился в N_2 . Чем меньше глубина залегания нефтей, тем глубже их дегазация, тем больше доля изотопно тяжелого N_2 из окружающих рассолов в их составе.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ НЕФТЕГАЗОПОИСКОВЫХ РАБОТ НА ОСНОВЕ КОНЦЕПЦИИ О ГЛУБИННОМ ПРОИСХОЖДЕНИИ УГЛЕВОДОРОДОВ

В.А. Трофимов, А.И. Волгина, А.В. Трофимов

(ОАО «ИГиРГИ», Москва, ул. Вавилова, 25, к.1)

In addition to traditional approaches to oil exploration we suggest to involve new information about deep earth crust structure, presence of oil refilling channels as well as the activity of those chanel.

Повышение эффективности нефтегазопроисследовательских работ важно всегда, но особенно это актуально в нынешнее, экономически сложное время, когда и для государства, и для нефтяных компаний необходимо максимально обоснованно разместить каждый вкладываемый в геологоразведку рубль. Поэтому представляются совершенно необоснованными суждения некоторых нефтяников о том, что им «все равно как нефть произошла; главное – чтобы она была».

Принимая во внимание не всегда высокую (а в некоторых регионах - совсем не высокую) успешность нефтепоискового бурения, предлагается дополнить применяемые ныне методики новыми, базирующимися на концепции о глубинном происхождении углеводородов.

Ранее нами была выдвинуто положение [Корчагин В.И., 2001; Трофимов В.А., Корчагин В.И., 2002] о том, что каждое нефтяное месторождение состоит из трех основных компонентов:

- собственно ловушки, удерживающей нефть;
- некоего глубинного резервуара, как поставщика углеводородных флюидов;

Геотраверс "Татсейс" | Профиль 8

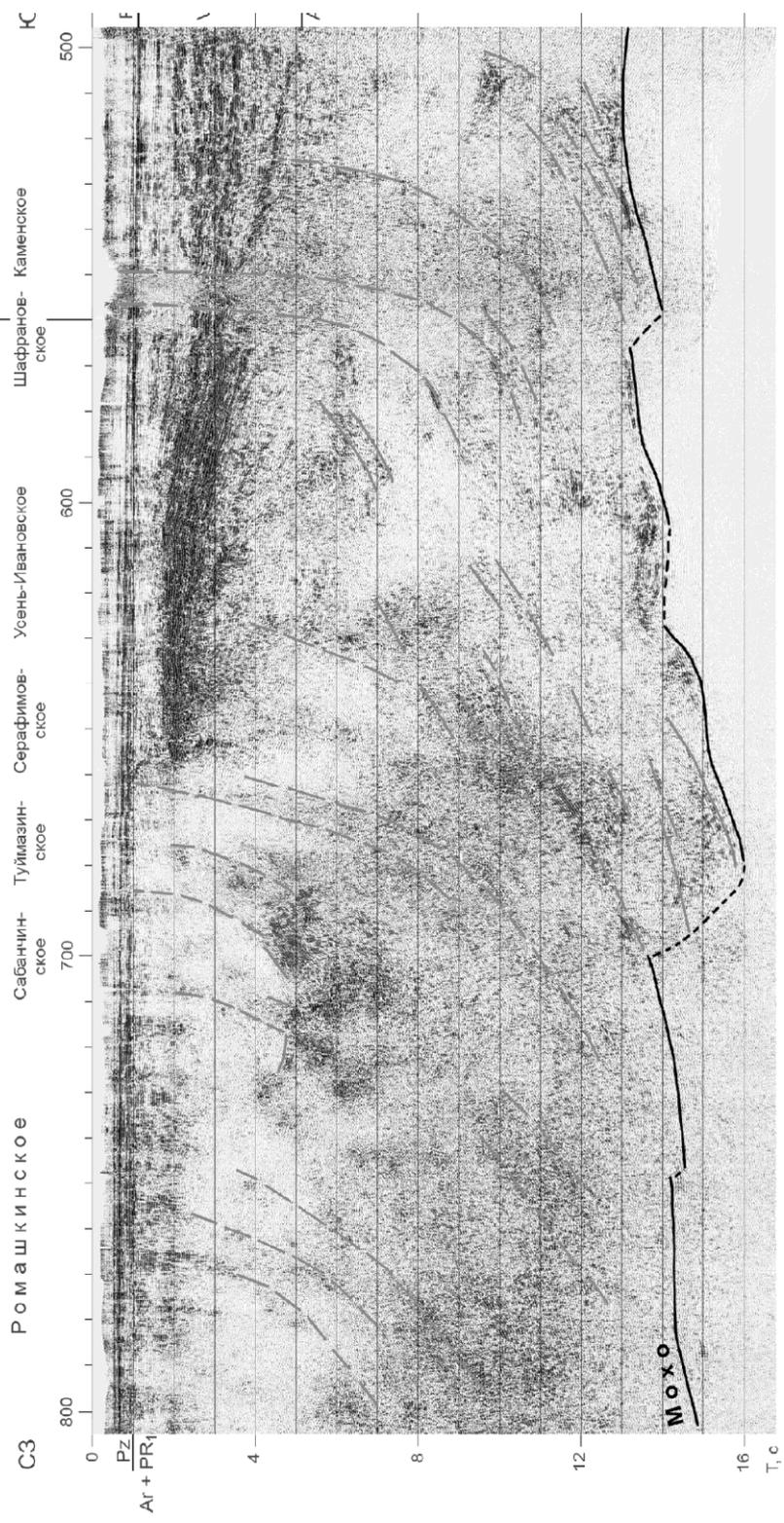


Рис. 1. Сводный сейсмический разрез по геотраверсу "Татсейс" и региональному профилю 8

- нефтеподводящего канала, соединяющего глубинный резервуар и ловушку.

То есть, нефтяное месторождение рассматривалось как сложная и постоянно действующая гидродинамическая система, обеспечивающая подток глубинных углеводородных флюидов, длительные сроки разработки и возобновляемость ресурсов.

Существующие сегодня и применяющиеся в практике нефтепоисковых работ технологии основываются в большинстве своем на прогнозировании и изучении ловушек. В дополнение к этому подходу мы предлагаем использовать и другие компоненты, а именно, данные о глубинных резервуарах и нефтеподводящих каналах. Кроме того, если каждое месторождение является постоянно действующей гидродинамической системой, то оно может отображаться и в параметрах, характеризующих современную тектоническую активность территории.

Разработанная нами технология нефтепоисковых работ запатентована и включает в себя три основных этапа: региональный, поисковый и оценочный.

Методической основой первого этапа, на котором производится оценка перспектив слабоизученных территорий и прогнозирование участков, где наиболее вероятно открытие крупных скоплений углеводородов, стала специальным образом спроектированная глубинная сейсморазведка МОГТ по региональным профилям. Кроме традиционно решаемых задач регионального изучения строения осадочных бассейнов, по полученным сейсмическим временным разрезам изучается строение земной коры и верхней мантии, ищутся характерные признаки нефтеносности, ранее выявленные в районах крупных скоплений углеводородов. Так, в Волго-Уральской нефтегазоносной провинции, в районах скоплений нефти в числе основных признаков были отмечены [Трофимов В.А., 2006 г.]:

- наличие наклонных отражателей, пересекающих всю земную кору и выходящих на уровне границы Мохо и в ряде случаев ее пересекающих (рис. 1);
- нарушенный характер самой границы Мохо;
- наличие субвертикальных динамических аномалий.

На втором этапе на выявленных глубинной сейсморазведкой перспективных участках выполняется площадная сейсморазведка, по результатам которой традиционно прогнозируются потенциальные ловушки углеводородов. В дополнение к этому мы используем новый, дополняющий фактор – прогнозирование в непосредственной близости от ловушек нефтеподводящих каналов. Эти каналы, являясь частью тектонических разломов, представляют собой довольно узкие зоны нарушенных трещиноватых пород, отличающихся по физическим свойствам от вмещающей толщи.

На сейсмических разрезах они выделяются в виде наклонных отражателей и субвертикальных динамических аномалий. Причем последние могут отображаться как аномально высокой, так и аномально низкой интенсивностью. Кроме того, в ряде случаев на участках, где расположены нефтяные месторождения от низов осадочного чехла до нефтесодержащих пластов на сейсмических разрезах прослеживаются малоамплитудные тектонические разрывы. Расположены такие разрывы по профилю достаточно часто (иногда через несколько сот метров), что может говорить в пользу того, что субвертикальные динамические аномалии, имеющие, как правило, ширину 1–3 км, отображают не канал, а зону каналов. Это, в свою очередь, делает необходимым еще более детальное изучение геологической среды, в частности, постановку высокоразрешающей сейсморазведки 3D.

Субвертикальные динамические аномалии, если они действительно, отображают зоны трещиноватых нарушенных пород и являются современными флюидопроводящими каналами должны находить отражение и в других геофизических параметрах, в том числе, и гравитационном поле. Но учитывая, что в этом поле отражается суммарный эффект от всех аномалиеобразующих объектов, которыми являются структурные особенности геологического разреза, вещественный состав пород и т.д., то однозначно выделить проницаемые зоны не всегда возможно, хотя такие случаи несомненно есть. Так, на профиле 069606 над выделенной СДА в редукции Буге наблюдается локальное уменьшение поля силы тяжести.

На наиболее интересных, выявленных сейсморазведкой объектах путем изучения характера нестабильности гравитационного поля (гравиразведка НПП) оценивается степень активности нефтеподводящего канала. Под воздействием современных геодинамических процессов, например, приливно-отливных сил, могут возникать вариации плотности за счет изменения объема в миграционных каналах при смыкании-размыкании трещин, а также при смене типа флюида, что может быть зафиксировано в параметрах нестабильности поля силы тяжести гравиразведкой НПП. На этой основе, оценивается степень перспективности локального объекта и принимается решение о целесообразности бурения поисковой скважины. Заметим, что оценку степени современной тектонической активности значительных по площади территорий целесообразно выполнять и на региональном этапе путем анализа современного рельефа в комплексе с глубинной сейсморазведкой МОГТ.

Таким образом, предложенная технология, не ломая сложившейся практики нефтепоисковых работ, дополняет общепринятые приемы использованием новой, нетрадиционной информации. Практически важным является то, что каждый из этих этапов может выполняться независимо. Например, если нефтеносность территории доказана и потенциальные ловушки выявлены, может сразу выполняться гравиразведка НПП, хорошо зарекомендовавшая себя в ряде нефтяных районов страны как самостоятельный метод оценки перспективности локальных объектов.

ЧТО ТАКОЕ НЕФТЕПОДВОДЯЩИЕ КАНАЛЫ?

В.А. Трофимов¹, Э.А. Королев², И.А. Хузин²

¹Институт геологии и разработки горючих ископаемых, г. Москва, ул. Вавилова, 25

²Казанский федеральный университет, г. Казань, ул. Кремлевская 8

On the basis of the geophysical data analysis (CDP seismic, gravity prospecting) and defected zones of paleo introduction hydrocarbonic fluids in exposures of Permian rocks is discussed the characteristics of oil-refilling channels.

На основе анализа геолого-геофизических и промысловых данных ранее [2, 4 и др.] была выдвинута концепция о том, что каждое нефтяное месторождение состоит из трех основных составляющих:

- собственно ловушки, удерживающей нефть;

- некоего глубинного резервуара, как поставщика углеводородных флюидов;
- нефтеподводящего канала, соединяющего глубинный резервуар и ловушку.

То есть, нефтяное месторождение рассматривалось как сложная и постоянно действующая гидродинамическая система, обеспечивающая подток глубинных углеводородных флюидов, длительные сроки разработки и возобновляемость ресурсов.

Если строение ловушек нефти изучено достаточно полно, то данных о глубинных резервуарах и о нефтеподводящих каналах значительно меньше. Более того, нефтеподводящие каналы в то время обнаружены не были, а сам факт их существования основывался хотя и на убедительных, но косвенных данных. Тогда же было высказано вполне обоснованное предположение о том, что эти каналы, являясь частью тектонических разломов, представляют собой узкие зоны нарушенных трещиноватых пород, отличающихся по физическим свойствам от вмещающей толщи, и, как следствие – могли бы быть обнаруженными геофизическими методами.

Данные глубинной сейсморазведки МОГТ позволили установить, что строение земной коры в районе крупных скоплений углеводородов существенно отличается от соседних территорий [3, 4 и др.]. Так, здесь наблюдаются наклонные отражатели, пересекающие всю земную кору и выполаживающиеся на уровне границы Мохо и в ряде случаев ее пересекающие. Эти отражатели имеют тектоническую природу, т.е. отображают зоны разломов.

Кроме того, на сейсмических временных разрезах выделяются субвертикальные динамические аномалии (СДА) иногда очень высокой интенсивности (рис. 1б) и также по всей вероятности связанные с нарушенными породами. Интересно отметить, что СДА выделяются по всему профилю, но больше всего их в пределах Ромашкинского и Новоелховского месторождений. Это, вместе с другими данными позволяет предположить возможную связь этих аномалий и нефтеносности.

Единая физическая сущность наклонных отражателей и СДА, а именно их связь с нарушенными, трещиноватыми породами, хорошо проявляется при сопоставлении данных глубинной сейсморазведки с данными гравиразведки. Отмечено, что относительным понижениям поля силы тяжести, наблюдаемым на геотраверсе «Татсейс», практически соответствуют интервалы, где наклонные отражатели прослеживаются выше, чем на соседних участках. С другой стороны, над субвертикальными динамическими аномалиями, также отмечается уменьшения поля силы тяжести, но более локальные.

Все это склоняет к мысли о том, что наклонные отражатели и субвертикальные динамические аномалии представляют собой единое целое. В пользу этого говорит и отмеченная на сейсмических разрезах по геотраверсу «Татсейс» тенденция к наклону СДА в северо-западном направлении и их намечающаяся связь с наклонными отражателями.

Таким образом, совокупность наклонных отражателей и субвертикальных динамических аномалий вероятно и есть отображение искомого нефтеподводящего канала (или, возможно, зоны каналов), по которому происходит миграция глубинных углеводородных флюидов.

Более детальный анализ, в общем-то, немногочисленных сейсмических данных в пределах Ромашкинского нефтяного месторождения позволил выявить заслуживающие самого пристального внимания факты: наличие малоамплитудных тектонических разрывов, прослеживающихся в осадочном чехле до разных стратиграфических уровней, вплоть до верхней части геологического разреза. Распо-

ложены такие разрывы по профилю достаточно часто (иногда через несколько сот метров), что может говорить в пользу того, что СДА (имеющие, как правило, ширину 1–3 км) отображает не канал, а зону каналов. Это в свою очередь, делает необходимым еще более детальное изучение геологической среды, в частности, постановку высокоразрешающей сейсморазведки 3D на Ромашкинском и Новоелховском месторождениях.

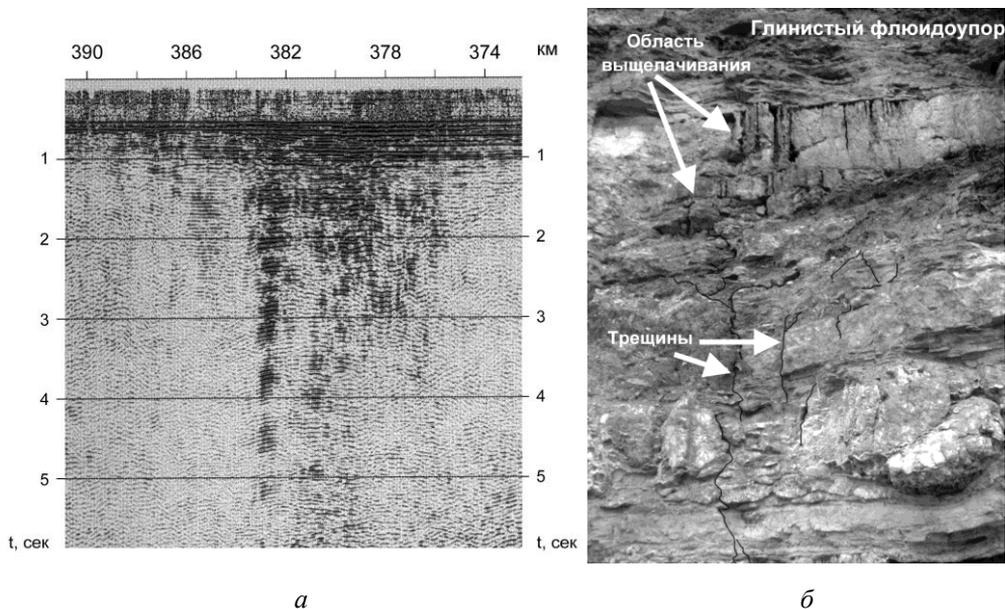


Рис. 1. Сейсмический временной разрез с хорошо выраженной субвертикальной динамической аномалией (*а*) и зона внедрения углеводородсодержащих флюидов в породах покрышках Сюкеевского битумного месторождения (*б*)

Представленные подходы к интерпретации данных глубинной сейсморазведки МОГТ нашли подтверждение в выявленных в обнажениях пород пермского возраста зонах флюидных палеовнедрений. На рисунке 1б представлена зона внедрения углеводородсодержащих флюидов, которая в субвертикальном направлении сечет все карбонатно-сульфатные отложения казанского яруса над битумной залежью Сюкеевского битумного месторождения. В нижней части, непосредственно примыкающей к битуминозным доломитам, трещина прослеживается фрагментарно вследствие осыпания стенок обнажения. Видимые каналы несут следы выщелачивания и вторичной кальцитизации в виде натечных кальцитовых корочек. Участками в полостях трещин фиксируются корочки халцедона. Стенки трещины пигментированы битуминозным веществом. По мере удаления от битуминозной залежи трещина трансформируется в каналы выщелачивания, по форме напоминающие «органные трубы». Область выщелачивания приурочена к гипсовому слою и залегающему в его подошве доломитовому мергелю. Выше по разрезу они резко обрываются, упираясь в глинистую прослойку, очевидно, являющуюся локальным флюидоупором. «Органные трубы» компактно расположены над зоной внедрения, что указывает на инъекционный характер поступления флюидов. Стен-

ки каналов выщелачивания неровные, осложнены раздувами и пережимами, которые отражают этапность поступления агрессивных растворов (в периоды пульсационного поступления свежих порций раствора шло образование раздувов, по мере раскисления флюида – формировались пережимы). В пристеночной области гипс-алебастр перекристаллизован в игольчатые агрегаты, участками в полых каналах фиксируются ажурные корочки натечного кальцита и халцедона.

Следует сказать, что подобные области внедрения приурочены к апикальной части Сюкеевской брахиантиклинальной структуры, практически не встречаясь на ее крыльях. Это может быть связано либо с наличием здесь большей трещиноватости, либо с созданием высоких пластовых давлений в период формирования углеводородных залежей, которые в последствие окислились до битумов.

Представленные геолого-геофизические материалы дают возможность представить себе нефтеподводящий канал, создать модель его строения и более осмысленно обосновать скважины для целенаправленного вскрытия таких каналов.

Литература

1. *Королев Э.А., Хузин И.А.* Штоковые зоны флюидного внедрения в отложениях верхнеказанского подъяруса над битумной залежью Сюкеевского месторождения (состав, строение, генезис) // Нефть. Газ. Новации. 2009. № 9. С. 24-27.

2. *Корчагин В.И.* Нефтеподводящие каналы // Геология, геофизика и разработка нефтяных месторождений. 2001. №8. С. 24-28.

3. *Трофимов В.А.* Особенности строения земной коры и нефтеносность (первые результаты глубинных сейсмических исследований МОВ ОГТ по геотраверсу, пересекающему Волго-Уральску нефтегазоносную провинцию // Доклады Академии наук. 2006. Т. 410. №5. С. 651-657.

4. *Трофимов В.А., Корчагин В.И.* Нефтеподводящие каналы: пространственное положение, методы обнаружения и способы их активизации // Георесурсы, 2002, № 1(9). С. 18-23.

ГАЗОГЕОХИМИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ГЛУБИННОСТИ ПРОЦЕССОВ НЕФТЕГАЗООБРАЗОВАНИЯ

С.Ф. Труфанова, Р.Н. Мурогова

г. Раменское Московской обл., ПФ «Мосгазгеофизика» ООО «Георесурс»

It's showed that oil and gas generation are taking place in sizeable depths, at high temperatures. The degree of catagenesis, palaeothermperatures of sedimentary rocks and temperatures of mineral and ore forming may be determined by TGCh method.

Газогеохимические методы, помимо, традиционно используемых для поисков месторождений нефти и газа, имеют широкий спектр применения в изучении геологических процессов.

Так, метод термогазохроматографии (ТГХ) позволяет моделировать процесс нефтегазообразования при высоких (до 1000 °С) температурах, определять степень катагенеза и палеотемпературу осадочных пород, а также температуру рудо- и минералообразования (патент № 2102779 на изобретение «Способ определения палеотемператур по газовой составляющей пород», 1998 г.).

При исследовании Тюменской сверхглубокой скважины СГ-6 и прилегающих к ней территорий были получены следующие результаты.

Определена палеотемпература пород различных свит и, соответственно, их нефтегазоматеринский потенциал (табл.).

Таблица

№ образца	Интервал отбора, м	Свита, возраст	Порода	Т лабор., °С	Т палео, °С	Стадия катагенеза
343	3732...3740	Ачимовская, К ₁	Песчаник	310...330	104...108	МК ₁
398	3740...3753	Ачимовская, К ₁	Алевролит	320...360	106...115	МК ₁ - подошва
704	3773...3788	Баженовская J ₃	Аргиллит	320...370	106...120	МК ₂
1086	3838...3843	Баженовская J ₂	Аргиллит	320...380	106...125	МК ₂
3170	4552...4564	Тюменская, J ₂	Алевролит	460	140	МК ₃ ...М К ₄
7429	6182...6194	Пурская, Т ₁	Переслаива- ние песчаника и алевролита	580	180	МК ₅
7597	6241...6252	Пурская, Т ₁	Алевролит	580...600	190	МК ₅ ...А К ₁
10364	7309...7317	Аймальская, Р	Метааргиллит	600...640		
	7309...7317	Аймальская, Р		600...640		
10843	7471...7476	Аймальская, Р	Базальт	620...640		

Исследования по баженовской свите из СГ-6, скважин Усть-Ямсовейской и Уренгойской площадей (рис.) показали, что в СГ-6 эта свита имеет большую стадию катагенеза, но главную фазу нефтеобразования (ГФН) не прошла. Образцы тюменской свиты (скв. 411) имеют стадии катагенеза МК₂ и МК₃ и граница между стадиями проходит на глубине 3888 м, палеотемпература, соответственно, изменяется от 122 до 140 °С. И хотя она вступила в ГФН, но больших запасов нефти создать не могла, так как ее исходное ОВ гумусового типа, а последнее может генерировать УВ при более высоких температурах. Образец базальта красноселькупской серии из скв. 414 имеет палеотемпературу 640 °С и залегает гипсометрически выше на 2,5 км, по сравнению с СГ-6. На Уренгойской площади стадии катагенеза для разновозрастных отложений несколько ниже, по сравнению с СГ-6. Нижнемеловые (ачимовская) и верхнеюрские (баженовская) отложения из скважины 11 Усть-Ямсовейской площади имеют стадии катагенеза ПК₃ и МК₁ и, соответственно, могли генерировать лишь газы ранней фазы образования.

В целом для Нижнепурского мегапрогиба и его бортовых зон, можно представить процесс образования УВ следующим образом. Аймальская свита реализовала большую часть своего потенциала при внедрении базальтов (640 °С), но углеводороды, по-видимому, не сохранились. Пурская свита являлась нефтегазоматеринской и реализовала большую часть своего потенциала в виде нефти и газоконденсата (МК₅), последние мигрировали к бортам прогиба. Тюменская свита, за-

механизм формирования гигантских месторождений, таких, как Уренгойское. Последнее могло образоваться, в основном, за счет миграционных УВ, поступавших из нижнетриасовых (пурская свита) и юрских (тюменская и баженовская свиты) отложений, за счет генерации углеводородов из продуктов уплотнения живого вещества растительного и животного происхождения. Последнее генерирует УВ в жестких термодинамических условиях (T до $900\text{ }^{\circ}\text{C}$), то есть в зоне метаморфизма, сопоставимой с условиями рудогенеза.

При исследовании образцов рифейских отложений Московской синеклизы (гл. 2584 м и 3003,3 м) (Тпалео., соответственно, 140 и $160\text{ }^{\circ}\text{C}$) максимум углеводородообразования пришелся на лабораторную температуру $820\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Тпалео. $310\text{ }^{\circ}\text{C}$). По составу выделившихся газов (максимумы метана, водорода, кислорода, азота) можно сказать, что произошло разложение «петропорфириновой» части хлорофилла (пигменты синезеленых водорослей представлены фитоцианином и хлорофиллом). Отсутствие n -пентана в пиролизате и присутствие разветвленных амиленов говорят о разложении фитола (ненасыщенный спирт $\text{C}_{20}\text{H}_{40}\text{O}$). Таким образом, образование нефти и газа в древних отложениях возможно. Мировой и отечественный опыт показывает, что на большинстве древних платформ известны скопления нефти и газа, следует лишь, с учетом геологических данных, дать возможную количественную оценку запасам.

Таким образом, генерация нефти и газа имеет большой температурный диапазон:

- разрыв связей C-C , C=C , $\text{C}\equiv\text{C}$ – из продуктов уплотнения живого вещества растительного происхождения (Тлаб. менее $465\text{ }^{\circ}\text{C}$ – Тпалео – менее $140\text{ }^{\circ}\text{C}$),
- разрыв связей C-O – из продуктов уплотнения живого вещества животного происхождения (Тлаб. – $460\text{--}650\text{ }^{\circ}\text{C}$ – Тпалео – до $200\text{ }^{\circ}\text{C}$),
- разрушение двух частей хлорофилла (Тлаб. $700\text{--}900\text{ }^{\circ}\text{C}$ – Тпалео – до $360\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Метод ТГХ широко применяется и в рудной геологии. Многие исследователи (Войтов Г.И., Кисляков Я.М., Капченко Л.Н., Д.Хорн, Поярков В.Э., Кудрявцев Н.А., БыхOVER, Бескровный Н., Готтих Р.П., Пеньков В.Ф. и другие) говорят о едином источнике углеводородных газов с различной минерализацией и рудообразованием.

Проведенные исследования образцов флюоритовых руд с трех гидротермальных месторождений (Лас-Куэвас – центральная Мексика, Калангуй – Восточное Забайкалье, Кох-и-Маран – Западный Пакистан) показали, что основной температурный интервал образования флюорита $400\text{--}500\text{ }^{\circ}\text{C}$ с главными рудными фазами, соответственно, $500\text{--}490$, $450\text{--}440$ и $420\text{ }^{\circ}\text{C}$. Самым высокотемпературным является Лас-Куэвас. Все три месторождения имеют широкий температурный диапазон образования флюорита, что свидетельствует о пульсационном характере поступления растворов и значительной продолжительности процесса во времени. Формирование оруденения на Лас-Куэвас происходило при недостатке кислорода, а на двух других – при его избытке. Наличие жидких и твердых включений битумов во флюорите на месторождении Кох-и-Маран и самое большое количество УВГ говорит о едином процессе их образования.

Помимо этого определена температура образования кварца и вольфрамит из жилы ($520\text{--}480\text{ }^{\circ}\text{C}$), рудного хромшпинелида (Полярный Урал – $780\text{ }^{\circ}\text{C}$), исландского шпата (Ванава – $400\text{ }^{\circ}\text{C}$), хрусталя (Алдан – $130\text{--}110\text{ }^{\circ}\text{C}$) и др., установлен температурный интервал пирит-пирротинового перехода (Мурунтау – $470\text{--}220\text{ }^{\circ}\text{C}$), определен порядок сульфидообразования в органоминеральных комплексах.

ЭЛЕМЕНТЫ-ПРИМЕСИ В ПРОДУКТАХ ГРЯЗЕВОГО ВУЛКАНИЗМА КЕРЧЕНСКО-ТАМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Ю.Н. Федоров¹, А.В. Маслов², Ю.Л. Ронкин²

¹ 625000, Тюмень, ул. Республики, 41, ООО «КогалымНИПИнефть»

² 620075, Екатеринбург, Почтовый пер., д. 7, Институт геологии и геохимии УрО РАН

It is established that many trace elements in the products of the mud volcanos (Kerch-Taman region) have relatively small contents in comparison with UCC. Only Mo, Ni, Ge, Cd and Hg have concentrations that exceed 2.0 or $3.0 \times$ UCC. The value of La_N/Yb_N is varied from ~6.0 till 9.5. Depletion of HREE is absent. The negative Eu anomaly (0.70–0.83) is typical for muds, whereas $Eu/Eu^* \sim 1.0$ or positive (mud volcano Shugo) is characteristic for mud water. Thus, our investigation indicates that mud waters of the mud volcanos (Kerch-Taman region) contain possibly both crust and subcrust components. It is significant for decoding the processes of the naphtides formation.

Грязевые вулканы Керченско-Таманской области представляют уникальный геологический феномен, изучением которого в разные годы занимались многие специалисты. Последние по времени обзоры особенностей их взаимоотношений с различными тектоническими элементами осадочной оболочке и газонефтяными месторождениями можно найти в публикациях Е.В. Шнюкова с соавторами и В.Н. Холодова. Из приведенных в них данных следует, что в Керченско-Таманской области очагами, питающими грязевые вулканы, являются зоны интенсивного развития элизионных процессов, находящиеся на глубинах 8–10 км. Считается, что сальзово-грифонные воды грязевых вулканов по своему составу похожи на пластовые воды нефтяных и газовых месторождений.

В геологической литературе до настоящего времени отсутствуют данные о содержаниях и особенностях распределения в продуктах грязевого вулканизма широкого спектра элементов-примесей (ЭП), в том числе редкоземельных (РЗЭ), способных дать существенную информацию о генезисе различных флюидов и в том числе нафтидов. Указывается лишь на основании данных спектрального анализа, что сопочные отложения «постоянно заражены» В и Мо. Отмечается также наличие в продуктах грязевого вулканизма повышенных концентраций В, Hg, As и Li. Последнее рассматривается рядом авторов как свидетельство значительной глубины корневой системы вулканов и возможной связи их с гидротермальными системами и магматическим очагами. Для восполнения указанного пробела нами были отобраны пробы сопочного ила и воды грязевых вулканов Шуго, Тиздар и Семигорского. Анализ содержаний в них ЭП выполнен в ИГГ УрО РАН с использованием тандемного масс-спектрометра высокого разрешения ELEMENT2 методом ICP-MS. Пределы обнаружения редких, редкоземельных и высокозарядных элементов составили от 0.005 до 0.1 г/г, а точность анализа – в среднем 2–7 отн. %.

Величина Мо/Мп в сопочном иле грязевого вулкана Шуго составляет 0.002, а отношение V/Cr равно 1.11, что в совокупности позволяет предполагать формирование его в присутствии свободного кислорода. Напротив, для сопочной воды с пленкой нефти этого же вулкана значения Мо/Мп, V/Cr и Ni/Co (соответственно, 0.60, 1.06 и 6.69) указывают на бескислородные или субокисные обстановки. По величине модуля Страхова и сопочный ил и вода сопоставимы, и можно счи-

тять, что они не содержат в своем составе эксгалитивных компонентов. Подавляющее число ЭП в сопочном иле присутствуют в концентрациях в 1.2–2.3 раза более высоких, чем в PAAS; исключение составляют Li ($0.42 \times \text{PAAS}$) и Sr ($3.6 \times \text{PAAS}$). Сопоставление содержаний ЭП в сопочном иле грязевого вулкана Шуго с содержанием их в верхней континентальной коре (UCC, по Rudnik&Gao, 2003) показывает, что для подавляющей части ЭП характерны несколько повышенные относительно UCC концентрации ($\sim 1.3\text{--}4.1 \times \text{UCC}$), и только для As и Cs значения $C_{\text{образец}}/C_{\text{UCC}}$ составляют, соответственно, 0.36 и 0.28. В сопочной воде вулкана Шуго значения кларков концентрации (K_K) для Be, Sc, V, Cr, Co, Ni, Zn, Ge, Rb, Y, Sn и ряда других элементов составляют $\sim 0.06\text{--}0.16$; для As, Sb, Ba, Eu и U величина отношения $C_{\text{образец}}/C_{\text{UCC}}$ несколько выше – 0.10–0.85. K_K Cd = 1.4–1.6. Для Mo $K_K = 3.7\text{--}4.0$. Распределение Li, Cu, Sr и I характеризуются значительной неравномерностью. Для Li максимальное значение K_K составляет более 10, а минимальное – 0.75. K_K Hg ~ 2.0 . Сумма РЗЭ в сопочном иле несколько выше, чем в PAAS (300 и 183 г/т). Этот же параметр в сопочной воде с пленкой нефти равен 3.9 г/т, тогда как в обычной речной воде он, по данным А.В. Дубинина, варьирует от 0.000013 до ~ 0.005 г/т. Величина La_N/Yb_N в сопочном иле сопоставима с той, что присуща PAAS. Деплетирование ТРЗЭ не характерно ($\text{Gd}_N/\text{Yb}_N = 1.60$). Европиевая аномалия отрицательная (0.78), цериевая не наблюдается. В сопочной воде значение La_N/Yb_N (5.96) заметно ниже, чем в сопочном иле, деплетирование ТРЗЭ не наблюдается ($\text{Gd}_N/\text{Yb}_N = 1.96$), отрицательная Се аномалия практически не выражена, а Eu аномалия положительная ($\text{Eu}/\text{Eu}^* = 3.63$).

Сопочный ил грязевого вулкана Тиздар, исходя из присущих ему значений Mo/Mn, Mo/Co, Ni/Co и V/Cr, так же как и ил вулкана Шуго, формировался в присутствии свободного кислорода. Значения модулей Страхова и Бострёма, а также индекса HTSIX указывают на отсутствие в его составе примеси эксгалитивных компонентов. Анализ РЗЭ-систематики в целом подтверждает этот вывод ($\text{Gd}_N/\text{Yb}_N = 1.72$, $\text{Eu}/\text{Eu}^* = 0.70$, $\text{Ce}/\text{Ce}^* = 0.97$, $\text{Eu}/\text{Sm} = 0.20$, $\text{Ce}/\text{La} = 2.06$). По сравнению с PAAS сопочный ил вулкана Тиздар заметно обеднен Li, Cu, Rb и Cs, и несколько обеднен Sc, V, Cr, Co, Zr, Sn, Ba, La, Ce, Bi, Th и U. Содержания Ni, Zn, Ga, Nb, Mo, Sm, Eu, Gd и Pb в нем сопоставимы с PAAS, а Sr выше ($1.57 \times \text{PAAS}$). В отличие от сопочного ила вулкана Шуго, сопочный ил вулкана Тиздар по содержаниям ЭП в значительной мере сопоставим с UCC. Содержания Li, Cu, As, Hf, Tl и U здесь ниже, чем в UCC, тогда как концентрации Y, Nb, Cd, Sn и Hg выше. В сопочной воде этого вулкана содержания большинства ЭП составляют от 0.03 (Cs) до 0.22 (Ba) от их концентраций в PAAS. В сопоставимых с PAAS концентрациях здесь присутствуют только Cu (0.71) и Sr (1.43), а содержание Mo более чем в 4 раза выше. Величина Eu/Eu^* в сопочной воде составляет 1.05. Деплетирование ТРЗЭ не наблюдается. Отношение $\text{La}_N/\text{Yb}_N = 7.0$.

Сопочный ил грязевого вулкана Семигорский по содержанию ЭП в значительной мере похож на сопочный ил вулкана Шуго. Это хорошо видно при сравнении абсолютных концентраций, так и при нормировании имеющихся в нашем распоряжении данных на PAAS и UCC. Практически не отличимыми являются и нормированные на хондрит спектры распределения РЗЭ в пробах сопочной воды и ила. Так же как и для сопочного ила грязевого вулкана Шуго, для сопочного ила вулкана Семигорский характерно достаточно выраженное фракционирование

РЗЭ ($La_N/Yb_N = 9.48$), отсутствие деплетирования ТРЗЭ ($Gd_N/Yb_N = 1.81$), относительно небольшая отрицательная европиевая аномалия ($Eu/Eu^* = 0.83$).

Сопоставление РЗЭ-систематики в исследованных нами пробах сопочного ила и сопочной воды с рядом хорошо изученных природных систем показывает следующее. Степень дифференциации РЗЭ во взвешенном материале рек варьирует от 1.90 до 36 и более. Деплетирование ТРЗЭ либо не наблюдается, либо выражено достаточно хорошо. Медианная величина Eu аномалии отрицательная. Величина $La_N/Yb_{N\text{медиана}}$ в растворенном материале рек почти в 2 раза ниже, чем во взвешенном. Медианное, минимальное и максимальное значения Eu/Eu^* в растворенном материале рек сопоставимо с аналогичными значениями для взвешенного стока. Цериевая аномалия либо отсутствует, либо небольшая положительная. Первично гидротермальные флюиды ВТП, САХ и ряда задуговых бассейнов характеризуются, по А.В. Дубинину, значительно варьирующим, но в целом весьма высоким, фракционированием РЗЭ (так максимальное значение La_N/Yb_N в гидротермальных флюидах поля Снейкпит достигает 300 и более ед.). При этом указанные флюиды обладают отчетливым дефицитом ТРЗЭ ($Gd_N/Yb_N = 12.56$), хорошо выраженной положительной Eu и отрицательной Se аномалиями. Для океанической воды $Eu/Eu^* = 0.51$. Взвесь всплывающих гидротермальных плюмов также характеризуется заметной дифференциацией РЗЭ, хотя величина ее в подавляющем большинстве случаев меньше, чем это свойственно первичным гидротермальным флюидам. Деплетирование ТРЗЭ чаще всего отсутствует. Величина Eu/Eu^* варьирует от 0.88 до 6.02; Se аномалия отрицательная. Такие эталоны тонкозернистых терригенных образований, как PAAS, NASC, ES и RPSC характеризуются варьирующим, но в целом достаточно хорошо выраженным дифференцированием РЗЭ (La_N/Yb_N , соответственно, 9.2, 7.0, 8.4 и 9.3), отрицательной Eu аномалией (0.66, 0.70, 0.70 и 0.70) и отсутствием Se аномалии.

Проанализированные нами пробы сопочного ила и сопочной воды ряда грязевых вулканов Керченско-Таманской области не имеют, в отличие от океанической воды, отрицательной Se аномалии, и, таким образом, можно считать, что входящая в их состав вода не является захороненной седиментогенной. Значительная дифференциация РЗЭ и отрицательные Eu аномалии, характерные для большинства исследованных нами проб, указывают на, несомненно, внутрикоровый источник взвешенного материала и флюидной фазы для продуктов грязевого вулканизма. РЗЭ-систематика сопочной воды вулкана Шуго принципиально иная. Степень дифференциации РЗЭ в ней ниже, чем в других пробах, величина Gd_N/Yb_N максимальная для всей проанализированной нами выборки, а Eu аномалия положительная. Это в существенной мере сближает её с РЗЭ-систематикой первично гидротермальных флюидов ВТП и САХ (исключение здесь только отсутствие отрицательной Se аномалии, однако последнее можно объяснить, по видимому, тем, что в составе продуктов грифонно-сальзовую стадии присутствует не захороненная седиментогенная (морская или океаническая), а вода, высвобождающаяся в результате катагенетической трансформации глинистых толщ).

Таким образом, значительное число ЭП в составе сопочного ила имеют, по нашим данным, относительно небольшие K_k (от 1.5 до 3.0). Только для Ni , Ge , Cd и Hg в двух из трех проанализированных проб величина K_k превышает 3.0. Содержания Li в сопочном иле варьируют в пределах $0.4-1.5 \times UCC$. Сопочная вода по сравнению с UCC характеризуется достаточно низкими ($\sim 0.1 \times UCC$) содержаниями большинства ЭП. Распределение Li , Sr и I в ней весьма неравномерно.

K_k Mo в обоих проанализированных нами пробах воды составляет ~ 4.0 , для Hg он равен ~ 2.0 , а для Cd – 1.4–1.6. Эти результаты находятся в хорошем соответствии с ранее полученными другими авторами. Величина La_N/Yb_N в исследованных нами пробах варьирует в относительно небольших пределах (от ~ 6.0 до 9.5). Деpletирование TPЗЭ не наблюдается. Для сопочного ила характерна отрицательная Eu аномалия (0.70–0.83), для сопочной воды она либо не наблюдается, либо имеет положительное значение. Цериевая аномалия отсутствует. Проведенные исследования позволяют считать, что в составе изливающейся на дневную поверхность на грифонной стадии эволюции грязевых вулканов Керченско-Таманской области сопочной воды присутствуют как коровые, так и внекоровые (глубинные) компоненты. С учетом представлений о схожести состава соляно-грифонных вод грязевых вулканов с составом пластовых вод нефтяных и газовых месторождений, полученные нами данные могут играть весьма важную роль в расшифровке генезиса нафтидов.

МИКРОЭЛЕМЕНТНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СЫРЫХ НЕФТЕЙ ШАИМСКОГО И СРЕДНЕОБСКОГО НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ РАЙОНОВ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ: НОВЫЕ ДАННЫЕ

Ю.Н. Федоров¹, А.В. Маслов², Ю.Л. Ронкин², О.П. Лепихина²

¹ ООО «КогалымНИПИнефть», 625000, Тюмень, ул. Республики, 41

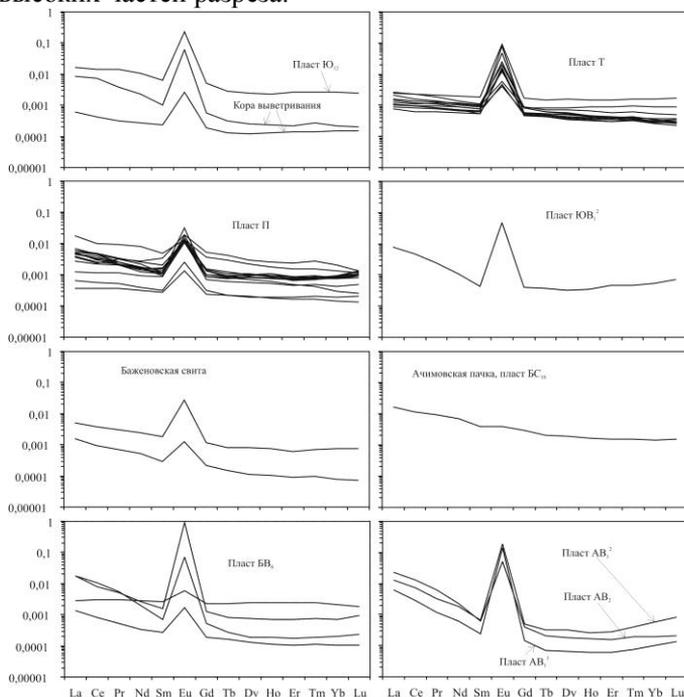
² ИГГ УРО РАН, 620075, Екатеринбург, Почтовый пер., д. 7

It was investigated by means of ICP-MS method trace element (including REE) concentrations in crude oils from all productive horizons of the Shaim oil-gas region (West Siberia). It was established that all without distinction oils have positive Eu anomaly. It may be indicator of the presence in the crude oils exhalative/subcrust components. Also, trace element systematics allow us to distinguish several types of crude oils.

В последние годы анализ сведений о содержаниях в нафтидах микроэлементов все шире применяется при решении различных задач поисков и разработки нефтяных и газоконденсатных месторождений, выделении типов и подтипов нафтаметаллогенических провинций, анализе особенностей их миграции (И.С. Гольдберг, С.А. Пунанова, Д.Н. Нуменов, З.Г. Агафонова, К.И. Степанов, С.А. Вешев и др.). С использованием данных о характере распределения в нафтидах редкоземельных и ряда других элементов-примесей (ЭП) исследователи вновь обращаются к проблеме происхождения месторождений нефти и газа (Р.П. Готтих, Б.И. Писоцкий, Д.К. Нурғалиев, Д.З. Журавлев, С.Ф. Винокуров, А.Н. Дмитриевский, М.А. Лурье, Ф.К. Шмидт, А.А. и С.А. Маракушевы, Н.А. Панеях, Ю.Н. Федоров, М.Я. Шпирт и др.).

Однако имеющиеся в распоряжении исследователей банки данных для различных провинций, областей и нефтегазоносных районов все еще требуют существенного пополнения и любая дополнительная информация подобного плана имеет самостоятельную научную и практическую ценность. В предыдущих наших публикациях были приведены в основном сведения о систематике ЭП в сырых нефтях пластов П (абалакский уровень, $Ю_1^0$ – $Ю_2^0$) и Т (тюменский уро-

вень, Ю₂₋₈) Шаимского НГР, полученные методом ICP-MS с использованием тандемного масс-спектрометра высокого разрешения ELEMENT2. В настоящее время имеющаяся у нас база данных существенно расширена за счет более низких и более высоких частей разреза.



Так, установлено, что сырая нефть из коры выветривания доюрского фундамента (скв. Даниловская 2296 и др.) имеет величину $\sum(\text{Fe}, \text{Ni}, \text{V})$ от 56 до 71 мкг/г. Ванадий в ней преобладает над Ni и Fe. Значения V/Cu и Zn/Co составляют, соответственно, 420–520 и 1–20. Известно (С.А. Пуанова, 1998 и др.), что отношение V/Cu является одним из показателей степени катагенетической преобразованности нефтей – при катагенезе значение его снижается от 200–70 до 70–0.07. Таким образом, нефть в коре выветривания Шаимского НГР, по всей видимости, незначительно преобразована процессами катагенеза. Также, согласно исследованиям С.А. Пуановой и ее соавторов, биодеградация заметно уменьшает содержание в нефтях Zn, и значения отношения Zn/Co снижаются от 15 до 6 и менее. В нашем случае существенные вариации величины указанного индикаторного отношения не позволяют сделать каких-либо определенных выводов. Сумма редкоземельных элементов (РЗЭ) варьирует от 0.0013 до 0.018 мкг/г. Столь же существенен разброс значений La_N/Yb_N (от 4.0 до 40.2). Европиевая аномалия положительная; значения ее меняются от 12.3 до 82.0 (рисунок). Величина Gd_N/Yb_N варьирует от 1.3 до 2.6.

Сырая нефть из пласта Ю₁₂, залегающего в нижней части шеркалинской свиты на границе чехла и фундамента (скв. Западно-Котухтинская 150), имеет сопоставимую с нефтью из коры выветривания величину $\sum(\text{Fe}, \text{Ni}, \text{V})$ (86 мкг/г), тогда как значения V/Cu и Zn/Co в ней иные (0.19 и ~58.0). Используя критерии С.А. Пуановой, можно сделать вывод о существенной переработки нефти пласта Ю₁₂

в катагенезе и, напротив, незначительной степени ее биодеградаций, хотя в отличие от нефти из коры выветривания здесь Fe преобладает над Ni и V, т.е. это, скорее всего, вторично обогащенные ЭП нефти. Сумма РЗЭ в сырой нефти пласта Ю₁₂ составляет 0.055 мкг/г. Дифференциация легких и тяжелых РЗЭ относительно невелика ($La_N/Yb_N = 6.5$), величина положительной европиевой аномалии достигает значения ~41, а деплетирование ТРЗЭ не наблюдается.

Медианная величина $\Sigma(Fe, Ni, V)$ для сырой нефти пласта Т (скважины Ловинская 9150, 9191, Западно-Ловинская 8418, Яхлинская 2805, Лазаревская 3215 и др.) составляет 23.1 ± 54.2 мкг/г. Медианные содержания Fe и V здесь сопоставимы (10.5 ± 49.9 и 8.4 ± 2.3 мкг/г) и несколько выше, чем медианное содержание Ni. Медианные значения V/Cu (88.8) и Zn/Co (26.0) существенно отличаются от тех, что присущи сырым нефтям коры выветривания (соответственно, 420–520 и 1–20). Медианное значение суммы РЗЭ для сырых нефтей пласта Т составляет 0.0050 ± 0.0037 , величина $La_N/Yb_{N\text{медиана}}$ заметно ниже, чем в нефтях из коры выветривания и пласта Ю₁₂, деплетирование ТРЗЭ, как правило, не наблюдается или выражено слабо ($Gd_N/Yb_{N\text{медиана}} = 1.64 \pm 0.66$). Европиевая аномалия положительная ($Eu/Eu^*_{\text{медиана}} = 28.0 \pm 38.0$, максимальное значение – 132.5).

Нефть из пласта П (скважины Мортымья-Тетеревская 639, Западно-Толумская 1811, Южно-Толумская 1831, СЗ Толумская 1699 и др.) имеет медианную величину $\Sigma(Fe, Ni, V)$ 8.1 ± 9.6 мкг/г. Содержания Fe и V здесь не превышают 10 мкг/г, тогда как медианное содержание Ni составляет менее 1 мкг/г. Значения $V/Cu_{\text{медиана}}$ и $Zn/Co_{\text{медиана}}$ равны, соответственно, 7.9 ± 40.2 и $\sim 67.0 \pm 30.2$. Сумма РЗЭ_{медиана} в нефти пласта П составляет 0.0091 ± 0.0064 мкг/г. Медианное значение La_N/Yb_N относительно невелико (5.5 ± 2.9), максимальная же величина данного параметра равна ~13.0. Европиевая аномалия положительная и варьирует от 3.1 до 32.3 при медианной величине 10.4 ± 7.0 . Деплетирование ТРЗЭ либо отсутствует, либо выражено достаточно хорошо.

Сырая нефть из баженовской свиты (скв. Западно-Сахалинская 114 и Северо-Кочевская 519-Р) характеризуется исключительно высокими значениями суммы Fe, Ni и V (422 и 236 мкг/г). Содержания V составляют здесь 356 и 178 мкг/г; в целом V преобладает над Ni и Fe. Величина отношения V/Cu для двух проанализированных нами проб различается более чем в 100 раз. Значения Zn/Co также отличаются более чем на порядок. Сумма РЗЭ имеет примерно тот же порядок, что и в приведенных выше случаях; дифференциация РЗЭ либо весьма выраженная (19.5), либо достаточно умеренная (~7.0). Величина Eu/Eu^* варьирует от 5.3 до 18.50.

Нефть из ачимовской пачки (скв. Ровинская 215, инт. 2792–2804 м) также имеет довольно высокое содержание биофильных элементов – $\Sigma(Fe, Ni, V) = 152.3$ мкг/г. Ванадий здесь, также как и в случае баженовской нефти, преобладает над Ni и Fe. Величина отношения V/Cu составляет 61.4, а отношения Zn/Co – 19.3. При сумме РЗЭ 0.027 мкг/г отношение La_N/Yb_N достигает 11.6, тогда как величина Eu аномалии крайне невелика (1.13). Еще одной особенностью сырой нефти из ачимовской пачки является некоторое деплетирование ТРЗЭ ($Gd_N/Yb_N = 2.12$).

Пласт БВ₆ (готерив) опробован по скважинам Кичимовской группы (6793, 8010 и 8014). Для сырых нефтей данного уровня характерно высокое медианное содержание $\Sigma(Fe, Ni, V)$ (~338 мкг/г, минимум – 160, максимум – 541 мкг/г), при этом концентрации (медианные) V и Ni в нефтях примерно равны (117.4 и 115.2 мкг/г), а концентрация Fe на 2 порядка ниже. Медианная величина отношения V/Cu составляет ~1620, а Zn/Co = 0.68. Сумма РЗЭ варьирует от 0.0020 до 0.10

мкг/г (медианное значение = 0.018 мкг/г). Степень дифференциации РЗЭ изменяется от 1.33 до 87.20. Минимальное значение Eu/Eu^* отличается от максимального также на два порядка.

Пробы сырой нефти из пластов группы АВ также характеризуются V специализацией. $\Sigma(V, Fe, Ni)$ составляет здесь от 128 до 223 мкг/г. Значения V/Cu изменяются от ~700 до 2680; минимальная величина Zn/Co равна 0.34, максимальная – 0.87. Сумма РЗЭ варьирует от 0.018 до 0.031 мкг/г. Для нефтей рассматриваемого уровня присущи весьма значительные величины отношения La_N/Yb_N , минимальное из которых равно ~22, а максимальное достигает ~120. Отличительной особенностью проанализированных нами проб сырых нефтей данного уровня является чрезвычайно высокая величина положительной европиевой аномалии. Ее медианное значение составляет ~328, а максимальное достигает 766 (!). В двух из трех исследованных проб деплетирование ТРЗЭ отсутствует, в одной величина Gd_N/Yb_N составляет 0.83.

Основываясь на полученных нами данных, можно видеть, что по такому показателю как $(Fe+Ni+V)$ нефти Шаимского НГР принадлежат, по крайней мере, трем группам: для нефтей из коры выветривания и пласта Ю₁₂ указанный параметр составляет 50–90 мкг/г; для нефтей из пластов П и Т он снижается до 8–23 мкг/г, т.е. эти нефти, особенно нефть пласта П, в определенной мере близки к нефтям обедненным ЭП; третью группу образуют нефти из баженовского и более высоких горизонтов. Это обогащенные ЭП нефти, сумма Fe, Ni и V составляет для них от 150 до 400 и более мкг/г. Нефти пластов П и Т отличаются от нефтей других продуктивных горизонтов также и тем, что в них содержания Fe и V примерно сопоставимы и заметно выше, чем содержание Ni. Нефти из коры выветривания, баженовской свиты, ачимовской пачки и пласта БВ₆ принадлежат к первично обогащенным ЭП нефтям ванадиевого типа. Приведенные выше сведения дают только эскиз общей картины и требуют верификации на более представительных материалах, но и из них хорошо видно, что сырые нефти практически всех основных продуктивных горизонтов Шаимского НГР (за исключением ачимовского) характеризуются весьма яркой положительной Eu аномалией, что можно рассматривать как индикатор той или иной роли глубинных флюидов в их формировании.

О РОЛИ ПРОЦЕССА ГЕНЕРАЦИИ УГЛЕВОДОРОДОВ В ФОРМИРОВАНИИ В ОСАДОЧНОМ РАЗРЕЗЕ ИЗБЫТОЧНЫХ ДАВЛЕНИЙ

А.А. Фейзуллаев¹, J. Francu²

¹ Институт геологии Национальной академии наук Азербайджана,
Баку, AZ1143, пр. Г. Джавида 29А

² Геол. разведка Чехии, Брно, 65869, Лейтнерова 22

In presentation by the example of East-Slovakian, Vienna and South-Caspian basins, located within the Alpine-Himalayan tectonic belt and having a similar history of development, but distinguished by the temperature regime, a role of processes of the hydrocarbons generation in formation of overpressures is considered. It is shown, that in well conformity

with a temperature regime of the studied basins, occurrence of onset of petroleum generation and overpressures in consistency with each other changes from 2 km up to 4–5 km.

Проявления аномально-высоких поровых/пластовых давлений (далее аномально-высокие геофлюидные давления-АВГД) встречены во многих бассейнах мира, которые в некоторых случаях достигают литостатического давления.

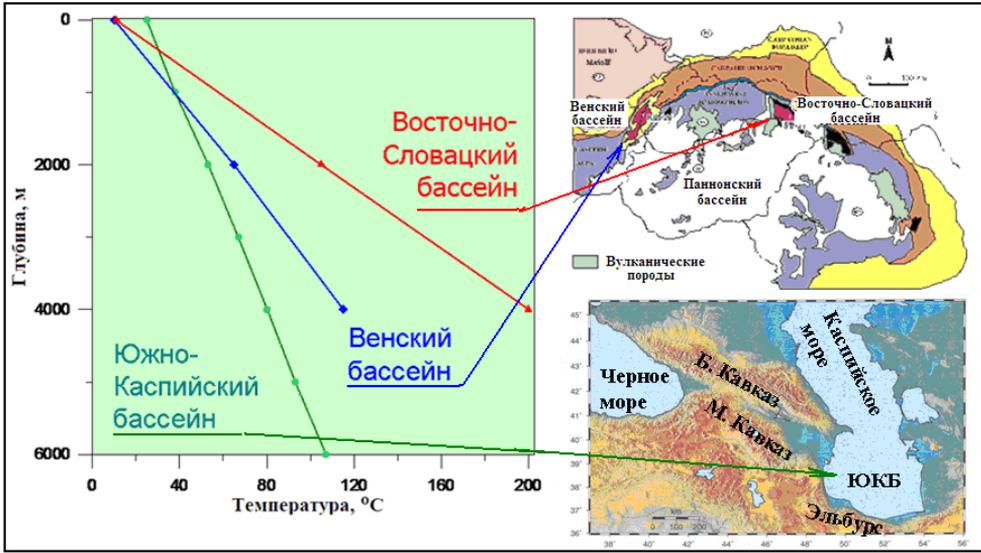


Рис. 1. Изменение температуры недр с глубиной в различных бассейнах Альпийско-Гималайского тектонического пояса: Восточно-Словацкого, Венского и Южно-Каспийского

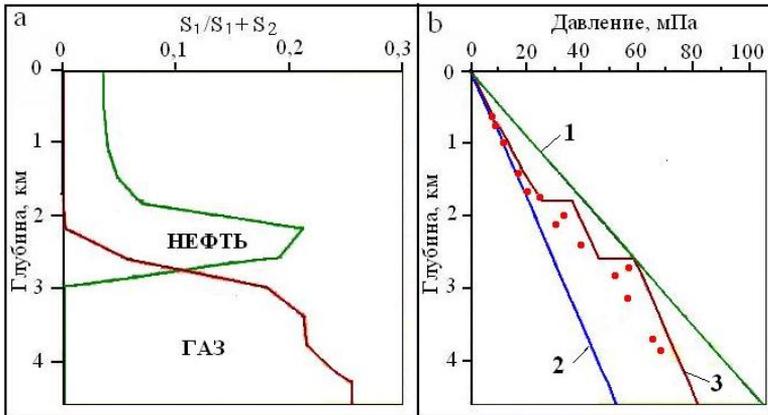


Рис. 2. Вертикальная зональность нефтегазообразования (а) и изменение с глубиной поровых давлений (б) в Восточно-Словацком бассейне: 1, 2 и 3-соответственно, геостатическое, гидростатическое и поровое давления

Все это существенно усложняет бурение скважин и часто является причиной аварий и, в конечном итоге, к их ликвидации. В связи с этим изучение механизма (или механизмов) формирования АВГД, закономерностей их развития в осадочном разрезе является очень актуальной задачей.

Существенное влияние генерации нефти и газа на формирование в осадочном разрезе избыточных давлений установлено многими исследователями.

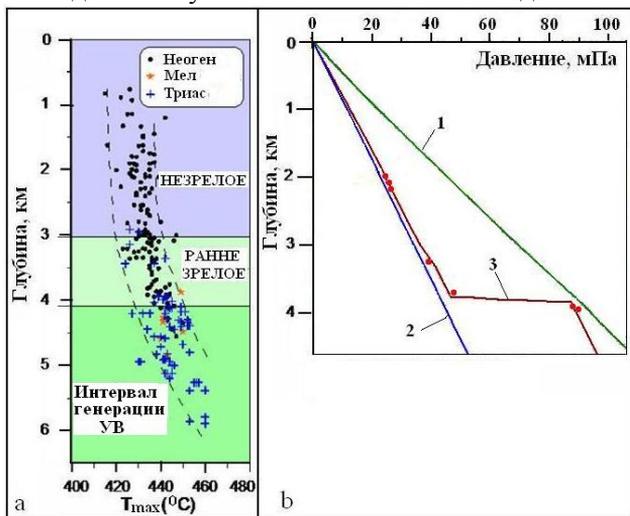


Рис. 3. Изменение с глубиной зрелости ОВ (а) и порового давления (б) в Венском бассейне: 1, 2 и 3- соответственно, геостатическое, гидростатическое и поровое давления

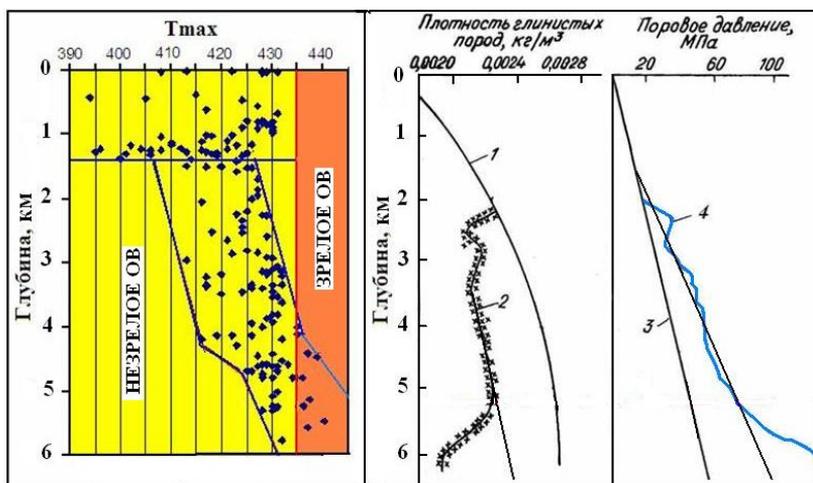


Рис. 4. Изменение с глубиной зрелости ОВ (а), а также плотности глинистых пород и порового давления (б) в ЮКБ: 1 и 2 – кривые, соответственно, нормального и фактического уплотнения; 3, 4 и 5 – соответственно, гидростатическое, фактическое и геостатическое давления

Как известно, глубинный интервал генерации нефти и газа зависит от температурного режима бассейна. Он относительно неглубокий в бассейнах с высокими температурными градиентами и значительно погружен в бассейнах с относительно низкими температурными градиентами. Естественно ожидать, что и глубины проявления АВГД, обусловленных процессами нефтегазообразования, будут различны в бассейнах с различными температурными режимами. Для проверки этого постулата в данной сообщении приводятся результаты сравнительного анализа процессов нефтегазообразования и закономерностей распределения в разрезе АВГД в трех, отличающихся температурным режимом, бассейнах: а) Восточно-Словацком (ВСБ); б) Венском (ВБ); в) Южно-Каспийском (ЮКБ).

ВСБ, ВБ и ЮКБ относятся к межгорным впадинам альпийского тектоногенеза и имеют схожую историю геологического развития (непрерывное интенсивное погружение пород и высокая скорость осадконакопления в неоген-четвертичное время, олигоцен-миоценовый возраст основной нефтегазогенерирующей толщи). Однако имеются и локальные отличия: различные мощность осадочного чехла и термодинамические условия.

ВСБ (СВ часть Паннонской впадины) известен самым высоким в Европе температурным полем. Значения теплового потока здесь изменяются в пределах 82–113 мВт/м². В противоположность ВСБ в ЮКБ установлены аномально низкие тепловые потоки (25–50 мВт/м²). Промежуточное положение занимает ВБ с относительно нормальными тепловыми потоками (41–69 мВт/м²).

Различие температурного режима рассмотренных впадин наглядно виден при сравнении приведенных на рис. 1 усредненных кривых изменения температур с глубиной. Согласно этим кривым, например на глубине 4 км в ВСБ температура составляет ~205 °С, в то время как в Венской ~117 °С, а в Южно-Каспийской ~80 °С.

Вышеуказанное достаточно контрастное различие температурных условий исследуемых бассейнов находит свое соответствующее отражение на процессы генерации углеводородов (УВ), которые рассмотрены с использованием данных пиролиза пород на приборе «Рок-Эвал». В ВСБ, благодаря аномально высоким температурным условиям, положение «нефтяного окна» фиксируется в глубинном интервале 2–3 км, а пик газогенерации достигается на глубинах 4–5 км (рис. 2а).

В ВБ с относительно умеренными температурами недр «нефтяное окно» опущено глубже; генерации нефти в неогеновых отложениях начинается с глубины ниже 3 км (рис. 3а). В ЮКБ, с аномально-низкими температурными условиями, как и следовало ожидать, верхний порог генерации нефти опущен еще глубже, на глубину около 4 км (рис. 4а).

Характер изменения по разрезу поровых давлений очень хорошо согласуется с выявленными особенностями вертикальной зональности нефтегазообразования. Глубина кровли развития АВГД и формирования зон разуплотнения пород минимальна в ВСБ и максимальна – в ЮКБ. ВБ занимает промежуточное положение (рис. 2б, 3б и 4б).

Прогнозируется более существенное увеличение АВГД в глубокопогруженных отложениях ВБ и ЮКБ в связи с интенсификацией процессов газообразования. Особенно контрастно это будет наблюдаться в ЮКБ, где мощность осадочного чехла достигает 25–30 км, а нефтегазогенерирующий палеоген-миоценовый стратиграфический интервал почти на 80 % представлен глинистыми породами. Именно этим объясняется широкое развитие здесь специфической формы суб-

вертикальной миграции флюидизированной глинистой массы – диапиризма и грязевого вулканизма.

Увеличение предельной глубины генерации УВ в ВБ и ЮКБ благоприятно для формирования большого этажа и высоких перспектив газо-(газоконденсатно-)носности глубокозалегающих отложений. Вместе с тем это увеличивает экономический и технологический риск бурения поисково-разведочных скважин на глубокопогруженные отложения, связанный с прогнозируемым высоким уровнем развития в них избыточных давлений.

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ КОРРЕЛЯЦИЯ СЕЙСМИЧНОСТИ, АНОМАЛЬНО-ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЙ И НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ЮЖНО-КАСПИЙСКОГО БАСЕЙНА АЗЕРБАЙДЖАНА

А.А. Фейзуллаев, А.Г. Кадыров, Ф.А. Кадиров

Институт Геологии НАН Азербайджана, AZ 1143, Баку, просп. Г. Джавида, 29А

In paper the interrelation between abnormal-high geofluid pressure (AHGP) and seismicity is examined on an example of the South-Caspian basin (SCB). SCB is bordered by prevailing part of earthquakes, but central deep-buried part of basin is weak seismic or a seismic and is characterized by the rather increased values of gravitational anomalies. The spatial correlation between the considered parameters is revealed.

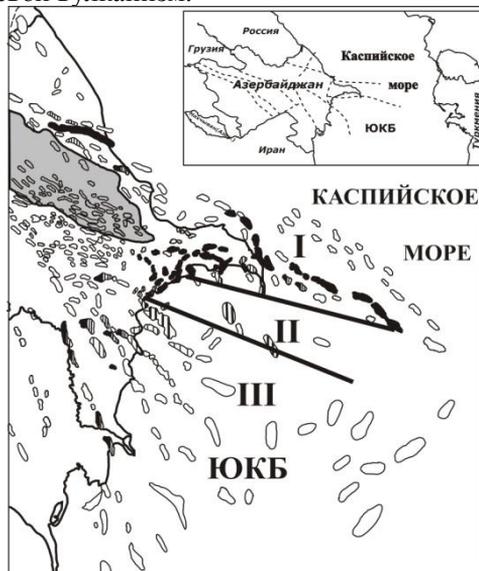
На основании систематизации и обобщения результатов исследований проблемы АВГД применительно к бассейнам с различной историей развития и геологическим строением можно выделить два основных фактора, провоцирующих образование АВГД в осадочных бассейнах: тектонический и температурный.

Вертикальные движения влияют на процесс седиментации, либо, создавая для этого благоприятные условия (нисходящие движения), либо ухудшая их, вплоть до разрушения ранее отложившихся осадков.

При высоких скоростях устойчивого прогибания бассейна и захоронения осадков большая часть седиментационной воды не успевает отжаться и погружается вместе с породой на значительные глубины. В результате нарушается нормальное уплотнение пород, которое приводит к образованию избыточных поровых давлений. Этот процесс контрастно проявляется на глубинах до 3–4 км и поэтому достаточно хорошо изучен.

ЮКБ является одним из наиболее ярких примеров, где благодаря особенностям истории развития и современного геологического строения существовали очень благоприятные условия для формирования аномально-высоких давлений. Здесь в плиоцен-четвертичное время наблюдалось лавинное (до 3км/млн. лет) осадконакопление и сформировался мощный (до 25 км) осадочный комплекс, где преобладают пластичные терригенные породы. Глинистые породы в кайнозойском разрезе ЮКБ составляют 80–90%. ЮКБ характеризуется аномально-низким температурным градиентом, который в центральной наиболее погруженной части его изменяется в пределах 1,5–1,8°C/100 м. Здесь поровые давления в 1,5–2,0

раза превышают гидростатическое давление. Так, например, на структуре Зафар-Машал в глубоководной части ЮКБ замеренное поровое давление на глубине 6475 м составляло 132 МПа, что более чем в 2 раза превышает гидростатическое и составляет около 90 % от литостатического давления. В связи с этим не случайно, что, структуры ЮКБ, как правило, имеют диапировую природу и здесь широко развит грязевой вулканизм.



ЮКБ:

Рис. 1 – Абшеронский п-ов и Абшеронский архипелаг (зона умеренных давлений); II – Южно-Абшеронская акватория (зона с избыточными давлениями); III – Бакинский архипелаг. Отмечается неравномерный уровень развития в пространстве и сейсмичности недр

Наиболее высокие геофлюидные давления отмечаются в пределах Бакинского архипелага, где среднее значение градиентов давлений составляет 18,0 МПа/км. Это находит свое отражение на процессе уплотнения пород. В пределах Бакинского архипелага аномально высокие давления замедляют процесс уплотнения пород, что наглядно видно из характера изменения пористости пород с глубиной в Бакинском архипелаге, в сравнении с Абшеронским архипелагом с относительно умеренными геофлюидными давлениями (зона I со средним значением градиента давлений около 13,5 МПа/км). Зона II занимает промежуточное положение.

Асейсмичная область, приурочиваемая к центральным частям структурных блоков, коррелируется с зоной аномально-высоких поровых давлений флюидов, превышающих более чем на 130 % уровень гидростатического давления.

Отмечается определенное отличие и в распределении по разрезу гипоцентров землетрясений с магнитудой 3,2–4,2 в зонах избыточных и умеренных давлений. В зоне умеренных геофлюидных давлений (зона А) землетрясения охватывают более широкий интервал глубин (10–90 км), чем в зоне с избыточными давлениями (зона Б). В зоне Б максимальная глубина гипоцентра землетрясений не превышает 55 км.

Причинно-следственная связь выявленной зависимости между сейсмичностью и геофлюидными давлениями пока не совсем ясна. Уменьшению сейсмич-

ности недр могут способствовать расположенные в осадочном разрезе высоконапорные флюиды. При этом зона высоконапорных флюидов, как правило, гипсометрически более приподнята.

Как полагают результатам исследований месторождения термальных источников в СВ Сицилии, источник АВГД (в данном случае газ), как и сопровождающий их рой землетрясений ($1.0 \leq ML \leq 3.3$) располагается на небольших глубинах (7–12 км). Согласно А. Фейзуллаеву и М. Тагиеву в ЮКБ зона газообразования приурочивается к глубинному интервалу 7–15 км (пик 11–12 км). Рассматривая особенности распределения очагов землетрясений с глубиной, можно отметить, что значительная часть землетрясений приурочивается к интервалу глубин 10–15 км, что пространственно согласуется с зоной АВГД, формируемой интенсивными процессами газообразования, наглядным проявлением которых является широко развитый в ЮКБ грязевой вулканизм.

Таким образом, проведенные исследования закономерностей распределения в ЮКБ аномально-высоких геофлюидных давлений и сейсмичности недр показали на их пространственную корреляцию. Зона АВГД характеризуется слабой сейсмичностью и относительно повышенными значениями гравитационных аномалий.

Кроме того, установлено, что в зоне умеренных геофлюидных давлений (зона А) землетрясения с магнитудой 3,2–4,2 охватывают более широкий интервал глубин (10–90 км), чем в зоне с избыточными давлениями (зона Б), где максимальная глубина гипоцентров землетрясений не превышает 55 км.

Сделанные выводы хорошо согласуются с результатами, полученными другими исследователями, по другим бассейнам, что повышает их объективность.

Дальнейшие специальные, более детальные исследования должны быть направлены на выяснение причинно-следственной взаимосвязи между рассмотренными параметрами.

ПЕРВАЯ В ИСТОРИИ ЗЕМЛИ ЭПОХА МАССОВОЙ ГЕНЕРАЦИИ И МИГРАЦИИ НЕФТИ

М.М. Филиппов

Институт геологии Карельского научного центра РАН

The work presents a overview of the evidences of early proterozoic petroleum generation and migration in Onega (Karelia, Russia) and Franceville (Gabon, Africa) basins. Here, extensive organic-rich shales and siltstones were deposited in lacustrine and marine environments. The various bitumens occupy fractures and intergranular pore spaces in reservoir rocks.

В ряде регионов Земли в нижнем протерозое (2,1–1,8 млрд лет) фиксируется природное явление, заключающееся в гигантском накоплении биогенного органического вещества (ОВ), и в последующем его перераспределении в том числе путем генерации и миграции углеводородов (УВ) [4].

По оценке Н.В. Лопатина, в Онежской структуре (Карелия) объем исходного ОВ составлял $650 \times 10^9 \text{ м}^3$, а ежегодная биопродуктивность палеопротерозойского бассейна достигала 2–4 кг $C_{\text{орг}}/\text{м}^2$ [1], что возможно при чрезвычайно благоприятных условиях. В расчетах принято, что мощность шунгитоносных отложений составляет 600 м, площадь распространения – 8000 км², минимальное содержание шунгитового вещества 2 %, на стадии раннего метазенеза сохранилось 10 % от объема исходного ОВ. Необычное по объему накопление ОВ шло на всей территории синклинали и приурочено к формированию глинисто-карбонатных осадков заонежской свиты мощностью до 1 км (людиковый надгоризонт) в условиях мелководного бассейна с синхронным базальтовым вулканизмом. Косвенным признаком огромных объемов накопления ОВ и генерации углеводородов в заонежских образованиях, может служить необычно легкий изотопный состав углерода карбонатных пород калевийского надгоризонта ($\delta^{13}C_{\text{carb}}$ до – 17,6 ‰), что позволяет предполагать существование мощного источника органического углерода, имеющего низкие значения $\delta^{13}C$. Этот минимум совпадает с максимальными концентрациями антраксолитов в отложениях кондопожской свиты, которые по форме проявлений связаны с процессом высачивания углеводородов из коллекторов. Поскольку в породах кондопожской свиты нет значимых количеств сингенетичного ОВ, то отрицательные аномалии можно объяснить длительным влиянием крупного резервуара ОВ в заонежской свите. Завершение процесса катагенетического преобразования керогена, то есть истощение источника «углеводородного дыхания» ведет к восстановлению нормальных для карбонатных пород изотопных значений.

Сложная и длительная история преобразования ОВ наглядно проявляется на Максовском месторождении. Для него характерна зональность в распределении углерода, проявляющаяся в обогащении локальных объемов в центральных и верхних частях залежи. Присутствие в породах миграционного шунгитового вещества влияет на значения изотопного состава углерода: $\delta^{13}C$ от периферийных частей купола к центральным и верхним частям снижается. Следы развития процесса генерации и первичной миграции УВ сохранились в брекчиях шунгитоносных пород, в которых обломки цементируются миграционным шунгитовым веществом. В породах выявлены признаки аномально высоких пластовых давлений (АВПД)¹². Дегидратация содержащих воду минералов также создавала условия для развития вторичной пористости и заполнения их УВ (нефть в керогене).

При общем повышенном геотермическом градиенте, характерном для палеорифтов, образовывались нафтоиды, склонные к полимеризации и в большей своей части не обладающие способностью к дальней миграции. По этой причине миграционное вещество довольно часто присутствует в материнских породах.

Жесткие термальные условия, вероятно, стимулировали также переход новообразованных нафтоидов в газ и рост давления при низкой проницаемости сапропелитов. С этим процессом, вероятно, следует связывать развитие микротрещин вокруг пор и полостей, заполненных антраксолитом. Возможно, за счет повышенного давления газа в жильном кремнеземе были сформированы первичные пузырьки, которые в последующем превратились в концентрически-зональные миндалины.

¹² См. материалы доклада М.М. Филиппова и Н.С. Бискэ в настоящем сборнике.

В условиях АВПД породы, содержащие кероген, становятся менее плотными за счет появления вторичной пористости и трещин гидроразрыва, по которым часть УВ покидает материнскую породу, а некоторая его доля, менее подвижная, остается на месте, заполняя трещины. В метасапропелитах процессы разуплотнения фиксируются большим количеством миндалинов и прожилков, заполненных антраксолитом.

В шунгитах Шуньгского месторождения не выявлено признаков брекчирования, поскольку в них практически отсутствует остаточный кероген, а шунгитовое вещество представлено полимеризованными углеводородами, и потому в породе нет явных следов массового появления УВ фазы. Шунгиты и антраксолиты месторождения имеют практически одинаковые значения $\delta^{13}\text{C}$ (-37,07 и -37,36 ‰).

Миграция УВ осуществлялась и за пределы пластов керогена. Жила антраксолита на месторождении Шуньга мощностью до 0,4 м приурочена к кровле пласта шунгита, образующего свод антиклинальной складки. Антраксолиты также заполняют тонкие прожилки в доломитах и лидитах. Жильные проявления антраксолитов известны и во многих других районах Онежской структуры. Над залежами максовитов развивалась локальная, блоковая тектоника, интенсивное брекчирование лидитов, известняков и доломитов, при этом цементом брекчий служит антраксолит (участок «Тетюгино»). В шаровых лавах суйсарской свиты антраксолиты встречаются в крупных жеодах. Это весьма редкий тип коллекторов. В Онежской структуре есть также примеры типичных коллекторов – антиклинальные складки песчаников петрозаводской свиты (западное Прионежье). В них антраксолит заполняет межзерновое пространство песчаников.

Таким образом, сохранились признаки формирования коллекторов, связанных с ближней по отношению к материнским породам миграцией углеводородов - Шуньга, Максово, Загогино, Тетюгино, и с дальней - Суйсарь, Шардонские о-ва, Сайнаволок.

Процесс рассеивания органического вещества при гипергенном разрушении древних коллекторов исследован на примере Нигозерского месторождения (кондопожская свита). Здесь выявлены седиментационные формы антраксолитов. Это результат высачивания УВ из ловушек, сформированных в породах суйсарской и заонежской свит, и последующего отложения в прибрежных участках морского бассейна. Это вторичные включения, образованные после частичного окисления плавающих на поверхности вод ступков тяжелой нефти. Близость значений $\delta^{13}\text{C}$ нигозерских антраксолитов и шунгитового вещества из верхней части заонежской свиты может служить доказательством переотложенного генезиса нигозерских битумов: очевидно, что источником УВ служили коллекторы верхних горизонтов заонежской свиты.

В качестве аналога Онежской структуры, рассматривается палеопротерозойский осадочный бассейн Францевиль (Габон) [3, 4]. Серия Францевиль сложена слабо метаморфизованными кластическими и вулканогенно-осадочными породами нижнего протерозоя. По разным оценкам, возраст пород серии 2,1–1,950±0,030 Ма. Серия подразделена на 4 свиты. Свита FA представлена грубыми полевошпатовыми песчаниками и конгломератами. В красноцветной части разреза присутствует ангидрит и гипс, а неоокисленные интервалы содержат пирит и битумы. Свита FB мощностью 600–1000 м на 80 % объема сложена пелитовыми кремнистыми иногда карбонатными морскими отложениями, содержащими от 2 до 20 % углерода. Подсвита FB1 сложена черными сланцами и турбидитовыми

отложениями с характерными для мутьевых потоков полигенными брекчиями. В кровле свиты есть горизонты марганцевых руд. Подсвита FB2 сложена песчаниками и черными сланцами, в подчиненном количестве карбонатными породами. В породах свиты установлены следы fossilized микробных сообществ в виде кремнистых строматолитов и обильные микробные формы: цианобактерии, сульфатредуцирующие бактерии, микрофоссилии. Возрастная граница между свитами FA и FB находится на 2,140 Ma [2]. Свита FC мощностью до 150 м сложена массивными доломитами и кремнистыми породами, служащими хорошим репером при корреляции разрезов разных частей бассейна. Свита FD представлена черными сланцами с туфами ингимбритов, преобладающими в кровле. Свита FE – переслаивание песчаников и сланцев. Общая мощность последних трех свит достигает 1000 м. Площадь бассейна Францевиль составляет около 35 000 км².

Формы проявления ОБ различны. В грубообломочных прослоях хорошо распознаются два вида включений: автохтонное и аллохтонное (кероген и битумы, образованные при первичной миграции нефти и не покинувшие материнскую породу). В раннем диагенезе и в катагенезе ОБ сланцев (кероген) послужил источником для генерации большого количества УВ, следы этого процесса сохранились в виде твердых битумов, встречающихся как в самой нефтепроизводящей свите (FB), так и в подстилающих песчаниках свиты FA. Многие признаки указывают на существующий ранее высокий нефтематеринский потенциал пород свиты FB, FC, FD. По оценкам Д. Дж. Моссмана и др. [3], из пород свиты FB образовалось около $84 \cdot 10^9$ баррелей нефти, что сопоставимо с современными гигантскими нефтеносными бассейнами мира. В структурных нефтяных ловушках (коллекторах) свиты FA часть УВ сохранилась в виде твердых битумов (антраксолитов).

Твердые битумы вне материнских пород представлены двумя основными разновидностями: битумы в черных сланцах, в песчаниках и доломитах свиты FB (битум в поровом пространстве и в трещинах) и в кварцито-песчаниках свиты FA.

Изотопные данные указывают на то, что черные сланцы свиты FB можно считать потенциальным источником битумов. Предполагается, что накопление ОБ шло в замкнутом бассейне с прогрессирующим режимом стагнации и возрастающим использованием фитопланктоном биогенного метана. По этой причине и твердые битумы, генетически связанные с «легким» керогеном ($\delta^{13}\text{C} -33\%$), имеют $\delta^{13}\text{C}$ в диапазоне $-38 \div -46\%$, а битумы, образованные из органического вещества нижних горизонтов, от -21 до -29% [3].

Литература

1. *Лонатин Н.В.* Образование горючих ископаемых. М.: Недра, 1983. 192 с.
2. *Bonhomme M.G., Gauthier-Lafaye F., Weber F.* An example of lower proterozoic sediments: The Francevillian in Gabon // Precambrian research. 1982. V. 18. No 1-2. P. 87-102.
3. *Mossmann D.J., Gauthier-Lafaye F., Jackson S.E.* Carbonaceous substances associated with the paleoproterozoic natural nuclear fission reactors of Oklo, Gabon: paragenesis, thermal maturation and carbon isotopic and trace element composition // Precambrian research. 2001. V. 106. P. 135-148.
4. *Mancuso I.I., Kneller W.A., Quick I.C.* Precambrian vein pyrobitumen: evidence for petroleum generation and migration 2 Ga ago // Precambrian Res. 1989. № 44. P. 137-146.

ПРИЗНАКИ АВЦД В МЕТАСАПРОПЕЛИТАХ ЗАОНЕЖСКОЙ СВИТЫ ПАЛЕОПРОТЕРОЗОЯ КАРЕЛИИ

М.М. Филиппов, Н.С. Бискэ

Институт геологии Карельского научного центра РАН

Zones of high porosity, fracturing and brecciation in Palaeoproterozoic metasapropelite deposits generally are filled with a solid hydrocarbon most commonly known by shungite (anthraxolite). It is supposed that their origin is due to abnormal pressure, fluid pressure, caused by hydrocarbon generation and dehydration of clay minerals under the influence of magmatic heat from gabbrodolerite intrusions.

Заонежская свита характеризуется: 1) повсеместным распространением углеводородных осадков аквагенного типа, обладавших способностью продуцировать в катагенезе огромные количества углеводородов (УВ), и присутствием среди них пластов и линз метасапропелитов; 2) значительным объемом продуктов базальтового вулканизма, при широком развитии субвулканических силлов. Вполне естественно, что в толщах, состоящих в основном из непроницаемых - вулканыты, лидиты, и слабопроницаемых, благодаря присутствию сорбированного органического вещества (ОВ) пород, при быстром погружении длительное время сохранялись недоуплотненные отложения. На этапе раннего катагенеза низкая плотность пород, обусловленная акватермальным эффектом и генерацией УВ, могла способствовать развитию складок нагнетания (диапиров) по глинистым и кремнистым сапропелитам [1].

В ареалах термального воздействия базитов катагенез сапропелитов происходил наиболее интенсивно. В зоне экзоконтакта шло их брекчирование и формирование пористого кокса с характерной столбчатой отдельностью. Пory и трещины в нем заполнялись продуктами деструкции керогена, в том числе пиролитическим углеродом. Под воздействием избыточного флюидного давления размягченный пластичный метасапропелит внедрялся по трещинам контракции в силл или во вмещающие породы. Вблизи контакта с силлом в метасапропелитах наблюдаются причудливо изгибающиеся струи антраксолита – предполагаемые следы движения углеводородных флюидов под давлением (фото 1). Струи могут содержать минеральные зерна или, в случае пластичного состояния вмещающих пород, змеевидные ксенолиты, ориентированные в направлении течения (фото 2).

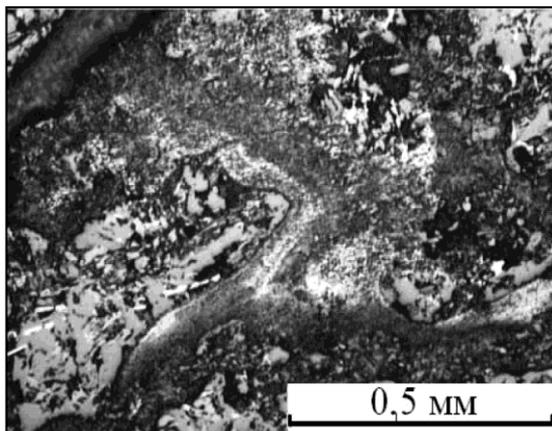


Фото 1. Струйчатое обособление антраколита в метасапропелите, отраженный свет

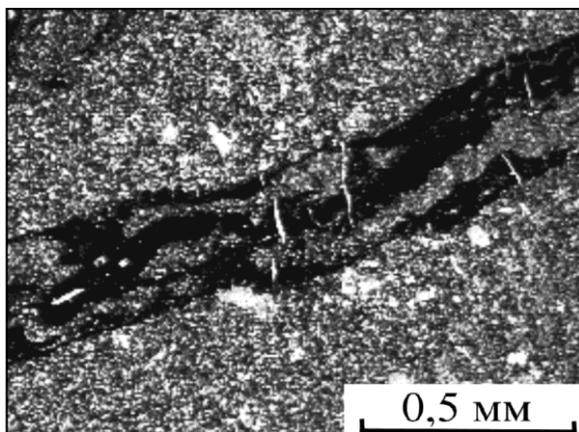


Фото 2. Ксенолиты в прожилке антраколита (черное). Tescan 5130LS, SED

Появление в кремнеземе многочисленных микровключений и пузырьков, превратившихся затем в концентрически-зональные миндалины, возможно, связано с вскипанием водно-солевого флюида. Гидравлическое воздействие флюида способствовало расширению и развитию трещин в контактовой зоне. В брекчиях Максовского месторождения (фото 3) обломки цементируются в основном кварцем и миграционным шунгитовым веществом (бывшими УВ, преобразованными в антраколит). По нашему мнению, основным механизмом формирования брекчий явилось аномальное давление, создаваемое УВ, образовавшимися при катагенезе ОВ и водой, выделившейся при дегидратации глинистых минералов и водного кремнезема. Наблюдения показывают, что брекчии являются автокласти-

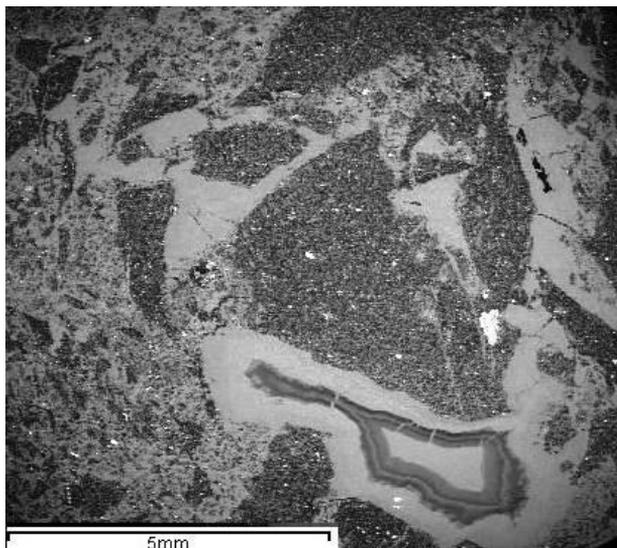


Фото 3. Брекчированный метасапеллит с антраколит-кварцевым цементом. Tescan 5130LS, SED

ческими, действие сил кратковременное, а напряжения возникали в локальных объемах породы.

В условиях АВПД породы, содержащие кероген, становятся менее плотными за счет появления вторичной пористости и трещин гидроразрыва, по которым часть УВ покидает материнскую породу, а некоторая их часть, менее подвижная, остается на месте, заполняя трещины. В метасапеллитах процессы разуплотнения фиксируется большим количеством миндалинов (фото 4) и прожилков, заполненных антраколитом и минералами гидротермального генезиса, тяготеющих к апикальным

частям залежей. Дегидратация содержащих воду минералов также создавала условия для развития вторичной пористости (фото 5).

Жесткие термальные условия были способны стимулировать частичный переход в газообразное состояние новообразованных жидких нафтоидов, что при низкой проницаемости сапеллитов должно было повышать давление. С этим процессом, по-видимому, следует связывать развитие микротрещин вокруг пор и полостей, заполненных антраколитом [2].

Свидетельством активных флюидодинамических процессов в залежах метасапеллитов могут служить кластические микродайки, а также каналы разгрузки флюидов в виде субвертикальных, прихотливо изгибающихся зон повышенной трещиноватости диаметром 0,05 до 2 м. Последние отличаются от вмещающих пород содержанием углерода (до 73,3 % при среднем для Максовской залежи около 30 %) и ряда микроэлементов. На поверхности естественных обнажений метасапеллитов зоны выделяются в виде бесформенных пятен интенсивно черного цвета.

Развитие повышенного давления фиксируется не только в материнских породах. АВПД участвует в формировании брекчий в локальных надкупольных разломах, характерных для диапировых структур. Брекчированные породы (известняки, доломиты, лидиты) состоят преимущественно из остроугольных обломков с размерами от нескольких мм до 5 см. Нередко вдоль стенок относительно крупных трещин присутствуют обломки, смещенные от своего первоначального положения на некоторое расстояние и развернутые вокруг своей оси, что можно объяснить движением флюида под давлением. Цемент состоит из двух фаз: первая фаза представлена остроугольными обломками, состоящими из смеси органического и минерального вещества (экструзивный метасапеллит); вторая фаза - антраколит, цементирует обломки первой фазы. Существенно, что по краям

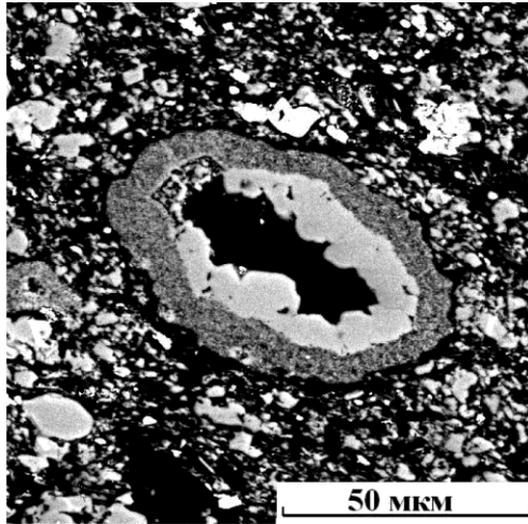


Фото 4. Миндалина в метаспропелите. Антраколит – черное, углеродисто-кремнистая масса – серое. Tescan 5130LS, SED

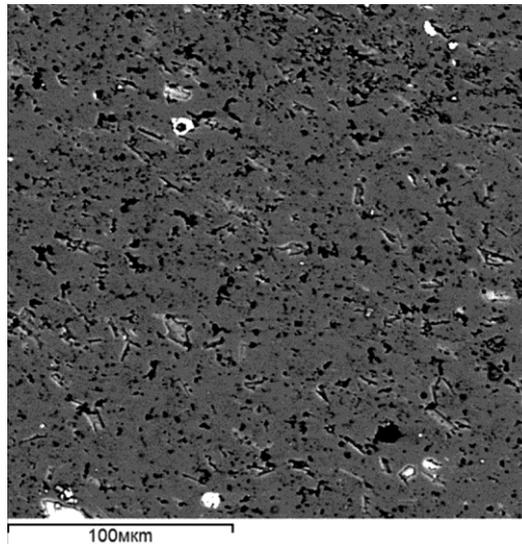


Фото 5. Тонкая пористость в органо-кремнистом роговике. Tescan 5130LS, SED

обломков битум проникает по микротрещинам и между зернами известняка, что также указывает на повышенное давление УВ во время заполнения трещин.

Сходные признаки АВПД выявлены на битумных месторождений Аргентины и США [3, 4]. До заполнения трещин гильсонитом вмещающие породы подвергались воздействию водного флюида, а затем, при поступлении вязкого битума, стенки трещин насыщались им на глубину, определяемую составом пород: от

0,5-1,5 см в карбонатных породах, до 1-6 м – в песчаниках. В регионах, где присутствуют палеопротерозойские породы с ОВ (Великие озера Северной Америки, бассейн Францевиль в Зап. Африке и др.) известны сходные формы проявления миграционных УВ: жильные брекчии; жилы и прожилки как в материнских, так и во вмещающих породах; выделения в керогене и в межзерновом пространстве пористых пород-коллекторов.

Литература

1. *Филиппов М.М.* Шунгитоносные породы Онежской структуры. Петрозаводск, 2002. 277 с.
2. *Márquez X.M., Mountjoy E.W.* Microfractures due to overpressures caused by thermal cracking in well-sealed Devonian reservoirs, Deep Alberta Basin // AAPG Bulletin. 1996. V. 80. N 4. P. 570-588.
3. *Parnell J., Carey P.F.* Emplacement of bitumen (asphaltite) veins in the Neuquen basin, Argentina // AAPG Bulletin. 1995. V. 79. N 12. P. 1798-1815.
4. *Verbeek E.R., Grout M.A.* Geometry and structural evolution of gilsonite dikes in the eastern Uinta basin, Utah // U. S. Geological survey bulletin. 1993. N 1787. P. 1-42.

ГЛОБАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И БЕЗОПАСНОСТЬ БУРОВЫХ РАБОТ

А.В. Фоменко

Институт проблем нефти и газа РАН; 1119991, г. Москва, ул. Губкина, д. 3

The high-grade accounting of systems – geodynamic and physical-geological features of concrete deposits will allow to reduce breakdowns while construction and production of drilling wells on 70–80 %.

В начале 20 века земная цивилизация столкнулась с глобальным изменением окружающей среды. Прогнозирование глобальных изменений среды и катастрофических событий с каждым годом приобретает все большее значение. С позиций концепции определяющего влияния системы физических полей Земли и околоземного пространства на формирование и развитие природных ландшафтов планета Земля рассматривается как подсистема в открытой самоорганизующейся системе: Галактика-Солнце-Земля-Биосфера-Человек. Безопасность жизнедеятельности человека на Земле неразрывно связана с взаимным влиянием космических, околоземных и земных физических полей.

Законы небесной механики предопределяют цикличность влияния физических полей на ландшафты. Большую роль в указанных воздействиях играют тангенциальные составляющие физических полей. Космобиоритмы различной продолжительности (от галактического года в 200–220 млн лет до 180-22-11-летних, годового, 28-14-7-дневного, суточного) обладают характерной особенностью: опасные геодинамические и контролирующие их физико-геологические процессы получают максимальное развитие в периоды сочленений однопорядковых и разнопорядковых циклов.

В ближайшие 50 лет главными факторами изменения климата будут выделение тепла за счет торможения планеты, увеличение солнечной активности, а также смещение на запад поперечного тока, разделяющего теплые и холодные зоны планеты. Основная причина глобального потепления – уменьшение электромагнитного момента планеты, что приводит к снижению скорости вращения Земли вокруг своей оси. Торможение Земли всего на одну секунду в год дает тепловую энергию 10^{14} кВт*ч, что на порядок больше, чем ее выделяется при промышленной деятельности человека.

Уменьшение магнитного поля Земли отмечено еще в 1908 г. Начиная с 1990 г. планета тормозится в год на 0,8–1,0 секунду. С 1990 по 1998 гг. поправки давались Международным институтом вращения Земли ежегодно, а в високосном 1992 г. – даже дважды. Кинетическая энергия Земли, пропорциональная массе и квадрату скорости вращения, выделяется при торможении планеты. Это основная причина возрастания геодинамической активности и активизации диагонально-решетчато-блоковой системы геодинамически активных флексурно-разрывных нарушений и геодинамических узлов.

Вторым важным фактором, определяющим изменение климата в ближайшие 50 лет и на весь переходный период, является смещение на запад поперечного тока. За первые 100 лет поперечный ток сместился к западу на 20° , что привело к смещению активных энергетических зон планеты и, как следствие, к изменению движения тайфунов, циркуляции океанических вод и атмосферы. Все это уже привело к изменению климата в обширных регионах. Наводнения, засухи, лесные пожары, проливные дожди, длительные похолодания и снегопады, другие катастрофические события все чаще происходят в регионах, в которых раньше не отмечались. Становится очевидным, что эти катастрофические явления связаны с глобальными энергетическими процессами, которые носят не случайный, а закономерный характер.

В этой связи следует отметить, что нормальное функционирование бурового производства, наряду с другими факторами, определяется уровнем развития, качеством, оперативностью и достоверностью информационно-аналитического обеспечения. Планирование и проектирование, строительство и эксплуатация буровых скважин, принятие инвестиционных, проектных и управленческих решений для рационального, экологически сбалансированного и безопасного освоения природных ресурсов все больше зависят от интенсивности информационного обмена, представительности, своевременности и достоверности информации.

Развитие всего комплекса работ по проектированию, строительству и эксплуатации буровых скважин предопределило возникновение своеобразного «кризиса» информационно-аналитических работ. Основные причины этого кризиса: информационные работы системно не организованы, характеризуются узко предметной направленностью, отсутствием иерархической упорядоченности и системной соподчиненности; не регламентировано понятие минимально необходимого объема информации и, как следствие, – минимально необходимого количества основных направлений, методов и технологий работ. В недостаточной степени применяются новые методы и технологии: системно-аэрокосмические, геодинамические, физико-геологические, космобиоритмические и ряд других. Мероприятия по обеспечению геодинамической безопасности буровых работ базируются на устаревших теоретических, методических и технологических положениях. В последние годы уменьшалась доля централизованного обеспечения регионов не-

обходимой информацией, увеличились цены на выполнение информационных работ, снизилась оперативность получения информации, и как следствие увеличилось количество и значимость горно-экологических нарушений, природных и техногенно-природных чрезвычайных ситуаций. С 1999–2000 гг. эти факторы имеют устойчивую тенденцию к увеличению отрицательного воздействия на буровые работы.

Крайне недостаточно при буровых работах используется информация о современных геодинамических процессах на осваиваемых территориях. В то же время обширный фактический материал свидетельствует о существенной (в ряде случаев – определяющей) роли геодинамических особенностей конкретной территории в формировании и развитии компонентов природных и техногенно-природных ландшафтов и о необходимости полноценного использования системно-геодинамической информации при проектировании и строительстве скважин.

В этих условиях существенно возрастают роль и значимость новых методов и технологий информационно-аналитического обеспечения рационального, безопасного и экологически сбалансированного природопользования. Разработаны и успешно применяются системно-геодинамический метод, эшелонированная система сопряженного мониторинга, а также технологии сопряженного получения и совместной обработки аэрокосмической, подземной и наземной информации. Возникла необходимость в реорганизации комплекса работ по получению, предварительной, тематической и сопряженной обработке минимально необходимого объема представительной информации для буровых работ.

По результатам выполненных работ повсеместно выявлены диагонально распределенные (преимущественно северо-восточного и северо-западного простираний) разноранговые зоны геодинамически активных флексурно-разрывных нарушений, расчленяющих изученные территории на ромбовидные в плане блоки различных размеров. Эти зоны нарушений контролируют цепочки геодинамически активных складчатых дислокаций. Указанные зоны нарушений и складчатые дислокации формируются механизмом «твердых» приливов. Поступательно-возвратные перемещения блоков приводят к дезинтеграции (разуплотнению) горных пород в пределах разделяющих их зон нарушений и формированию полос (участков) с улучшенными фильтрационно-емкостными свойствами, что, в свою очередь, обуславливает высокие дебиты эксплуатационных скважин, расположенных в зонах нарушений и, особенно, в геодинамических узлах.

Одновременно указанные зоны нарушений и их узлы концентрируют опасные геодинамические процессы, что приводит к горно-экологическим нарушениям и авариям при обустройстве месторождений нефти и газа. Прежде всего это относится к строительству и эксплуатации буровых скважин. Сопоставлением результатов системно-геодинамических работ с распределением аварийных скважин установлено, что до 75–80 % аварий обусловлено опасными геодинамическими процессами, протекающими в пределах зон нарушений и, особенно, в геодинамических узлах.

Весьма показательным примером может служить авария на скважине 37 Тенгизского месторождения. 24.06.1985 года на скважине 37 с глубины 4209 м. рванул ввысь нефтегазовый фонтан. Горящий столб поднимался на высоту 200 метров. В воздухе ежесуточно сгорало 12–15 тыс. тонн нефти и 6–8 млн кубометров попутного газа. Работы по глушению гигантского фонтана с пожаром на скважине с аномально высоким пластовым давлением фонтана продолжалась больше года и завершились только в июле 1986 г. Сложившаяся ситуация не имела ана-

логов в мировой практике. Эта авария была самой сложной в истории геолого-разведочной деятельности нефтяников Советского Союза. Общие потери на месторождении составили порядка 5–6 млн тонн жидких и 2,4–3,2 млрд м³ газообразных углеводородов. Оценка общего экономического ущерба вплотную приблизилась к \$1 млрд.

Урок извлекли не все. Спустя 25 лет похожая авария случилась в Мексиканском заливе. Управляемая компанией British Petroleum нефтяная платформа Deepwater Horizon у побережья штата Луизиана взорвалась 20.04.2010 г., в результате чего вскоре затонула. Из поврежденной подводной скважины в Мексиканский залив ежеминутно вытекает огромное количество нефти, угрожая экосистеме региона. В результате аварии погибли 11 нефтяников, на ликвидацию последствий катастрофы компания потратила уже почти \$1 млрд, однако до завершения операции еще далеко. Эта нефтяная катастрофа уже признана крупнейшей в истории Соединенных Штатов.

Полноценный учет системно-геодинамических и физико-геологических особенностей конкретных месторождений позволит на 70-80% снизить аварийность при строительстве и эксплуатации буровых скважин. Знание особенностей современных геодинамического и физико-геологического режимов дает возможность рационально размещать скважины, своевременно прогнозировать горно-экологические нарушения и аварии, оперативно проводить мероприятия по их предотвращению или минимизации последствий. Выявленные закономерности пространственно-временного распределения современных геодинамических и физико-геологических процессов диктуют также необходимость пересмотра нормативно-правовых документов по проектированию, строительству и эксплуатации буровых скважин.

Литература

1. Гридин В.И., Дмитриевский А.Н. Системно-аэрокосмическое изучение нефтегазовых территорий. М.: Наука, 1994. 280 с.
2. Гридин В.И., Лапоухов А.Н., Фоменко А.В. Опасные геодинамические процессы и аварийность буровых работ // Бурение и нефть. 2007. №12. С. 18-20.
3. Гридин В.И., Лапоухов А.Н., Фоменко А.В. Космобиоритмические взаимосвязи современных физико-геологических, геодинамических и флюидодинамических процессов в арктических регионах. М.: ГЕОС, 2008.

НЕДОСТАТКИ НОРМАТИВНО-ПРАВОВОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ СОПРЯЖЕННОГО МОНИТОРИНГА

А.В. Фоменко

Институт проблем нефти и газа РАН; 1119991, г. Москва, ул. Губкина, д. 3

Lacks of standard maintenance of industrial use of technologies of the interfaced monitoring. The analysis of standard documents.

Инновационные геодинамические, системно-аэрокосмические, физико-геологические, космобиоритмические технологии изучения и мониторинга районов интенсивной нефтегазодобычи в последние годы получили дальнейшее развитие. Опытными производственными работами подтверждена их эффективность при решении ряда задач информационного обеспечения разработки месторождений углеводородного сырья. Однако для проектирования разработки и для организации мониторинга разрабатываемых месторождений они применяются недостаточно. Основная причина – в действующих нормативно-правовых документах, регламентирующих составление проектов разработки месторождений, новые информационно-аналитические технологии не нашли должного отображения. Анализ ряда нормативно-правовых документов подтверждает справедливость этого утверждения.

«Регламент составления проектных технологических документов на разработку нефтяных и газонефтяных месторождений РД 153-39-007-96» утвержден и введен в действие Минтопэнерго РФ 31.01.1997 г.

В разделе 7 «Технологическая схема опытно-промышленной эксплуатации» рекомендуется составлять и уточнять геолого-промысловую модель залежи «путем систематизации и комплексного обобщения всей разнообразной информации, полученной непосредственно при бурении и исследовании скважин и косвенным путем (сейсмические исследования, аэро- и космосъемка и др.) на всей стадиях геологоразведочных работ и разработки залежи с последовательной детализацией». Рекомендации по использованию геодинамических, физико-геологических, космобиоритмических и системно-аэрокосмических технологий отсутствуют.

«Методические рекомендации по проектированию разработки нефтяных и газонефтяных месторождений» подготовлены на основе *«Регламента составления проектных технологических документов на разработку нефтяных и нефтегазовых месторождений РД 153-39-007-96»*, утверждены Приказом МПР от 21.03.2007 г. №61.

Рекомендации определяют процедуру рассмотрения проектов пробной эксплуатации, технологических схем разработки и дополнений к ним, проектов разработки и дополнений к ним, технологических схем опытно-промышленных работ, авторских надзоров за реализацией проектных и технологических документов. Для всех видов документов рекомендуется рассчитывать технологические показатели на весь проектный период разработки (пункт 2.14).

Пункт 3.1 «Методических рекомендаций...» декларирует: «Проектные технологические документы являются результатом комплексной научно-исследовательской работы. При их составлении рекомендуется учитывать передовой зарубежный опыт, современные достижения науки и техники...». Однако инноваци-

онные методы изучения современной геодинамики, физико-геологических и космобиоритмических особенностей месторождений, а также системная организация работ и новые технологии совместного проведения подземных, наземных, аэрокосмических исследований, сопряженной обработки полученной информации в «Методических рекомендациях...» отображения не нашли. В тексте «Методических рекомендаций...» только в одном пункте 7.7.2 есть упоминание: «Для построения геологических и фильтрационных моделей могут использоваться... результаты интерпретации данных дистанционных (космо-, аэро-) методов», однако не приводится ни одного рисунка, графического приложения или таблицы с рекомендациями по проектированию инновационных геодинамических, физико-геологических, системно-аэрокосмических и космобиоритмических исследований или обобщающих результаты этих исследований в районах развитой нефтегазодобычи.

В отношении необходимости изучения и мониторинга современных геодинамических, физико-геологических, космобиоритмических процессов «Методические рекомендации...» противоречат «Правилам охраны недр ПБ 07-601-03» (пункты 20, 25, 33, 64, 100, 117) и Закону «О недрах» (ст. 24).

В рассматриваемых «Методических рекомендациях...» отсутствуют указания по изучению современной геодинамики месторождения (залежи), по построению системно-геодинамических 2D- и 3D-моделей продуктивных, подстилающих и перекрывающих отложений, по системно-геодинамическому мониторингу, по выявлению и картированию опасных геодинамических процессов. Нет даже упоминаний о глобальных изменениях окружающей среды и необходимости включения в проект мероприятий по их изучению и мониторингу, по их предотвращению или минимизации последствий.

«Правила охраны недр» утверждены постановлением Федерального горного и промышленного надзора России от 06.06.2001 г., №71 имеют шифр ПБ-07-601-03 (Приказ Ростехнадзора от 01.08.2006 г. №738).

Согласно п. 20 «Правил...» проектная документация на разработку месторождений нефти и газа должна включать обоснование и технические решения по организации наблюдений за состоянием горного отвода и окружающей среды, по предупреждению и борьбе с осложнениями при строительстве и эксплуатации скважин.

Согласно п. 25 «Правил...» проектной документацией предусматриваются меры, исключаящие или значительно снижающие вредное влияние осложняющих природных факторов на рациональное, комплексное использование участка недр и обеспечивающие безопасное ведение работ, охрану недр и окружающей среды.

Пунктом 22 «Правил...» в составе геологического и маркшейдерского обеспечения использования участка недр предусматривается «проведение инструментальных наблюдений за процессами сдвижения горных пород, деформациями земной поверхности, зданий, сооружений...». Согласно п. 64 «Правил...» на сводных планах горных работ показываются основные тектонические нарушения, места образования провалов на земной поверхности и прорывы пльвунов.

При разработке месторождений нефти и газа (п. 100 «Правил...») по данным разведочного бурения, геологических, геофизических, маркшейдерских работ, испытаний и исследований устанавливаются «геомеханические, геодинамические... характеристики месторождения и прилегающих районов». Первичные, сводные и обобщающие документы при разработке месторождений нефти и газа (п. 117 «Правил...») должны содержать данные о деформациях земной поверхности, о влиянии технологических процессов на окружающую среду.

«Регламент по созданию постоянно действующих моделей нефтяных и газонефтяных месторождений РД 153-39.0-047-00» утвержден и введен в действие Минтопэнерго РФ приказом №67 от 10.03.2000 г. в развитие РД 153-49-007-96.

Компьютерные постоянно действующие геолого-технологические модели (ПДГТМ) предназначены для повышения качества проектирования, управления и контроля за разработкой нефтяных и газонефтяных месторождений. ПДГТМ должны создаваться на базе всей совокупности имеющихся геолого-геофизических и промысловых данных. К сожалению, Регламент не акцентирует внимания на необходимость детального изучения современных (голоценовых) природных и техногенно-природных геодинамических, физико-геологических и космобиоритмических процессов, протекающих в продуктивных, подстилающих и перекрывающих отложениях, а также в верхней части современного разреза и в современном ландшафте. В Регламенте отсутствуют рекомендации по построению системно-геодинамических и физико-геологических 2D- и 3D-моделей, по космобиоритмическим исследованиям и построению тематических 4D-моделей. Указанные 2D-, 3D- и 4D-модели не включены в набор цифровых карт при создании трехмерной адресной геологической модели (пункт 1.2 Регламента), цифровой фильтрационной (гидродинамической) модели (пункт 1.3), адаптационных моделей (пункт 1.4). В перечне данных, рекомендуемых для использования при построении геологических и фильтрационных моделей (пункт 2.2), ПДГТМ (пункт 2.3) отсутствуют результаты системно-геодинамических, физико-геологических, космобиоритмических, неотектонических исследований.

Методические указания «Комплексирование и этапность выполнения геофизических, гидродинамических и геохимических исследований нефтяных и нефтегазовых месторождений РД 153-39.0-109-01» разработаны ФГУ «Экспертнефтегаз» Министерства энергетики РФ, утверждены и введены в действие с 01.03.2002 г. приказом Минэнерго России от 05.02.2002 г. №30.

«Методические указания...» направлены на создание информационной базы для проектирования и научного сопровождения разработки нефтяных и нефтегазовых месторождений путем комплексирования методов геолого-геофизического изучения и информационного сопровождения процессов разработки залежей углеводородного сырья. Основное внимание уделено геофизическим исследованиям и работам в скважинах (ГИС, ГТИ, ПВР, ИП, каротаж, ИТСС, ГДИС, прямые исследования пласта). Изучение и мониторинг современных геодинамических, физико-геологических и космобиоритмических процессов и их влияния на фильтрационно-емкостные свойства продуктивных отложений, на технологические показатели разработки не обсуждаются.

«Методические указания по геолого-промысловому анализу при разработке нефтяных и нефтегазовых месторождений РД 153-39.0-110-01» разработаны ФГУ «Экспертнефтегаз» Министерства энергетики РФ, утверждены и введены в действие с 01.03.2002 г. приказом Минэнерго России от 05.02.2002 г. №29.

Основные задачи геолого-промыслового анализа процесса разработки – оценка адекватности проектных решений конкретным горно-геологическим условиям залежи и оценка полноты выполнения проектных решений.

«Методические указания...» не содержат рекомендаций по использованию геодинамических, системно-аэрокосмических, физико-геологических, космобиоритмических технологий для решения указанных задач.

Таким образом, в нормативно-правовых документах, регламентирующих составление проектов разработки месторождений и организацию информационно-аналитического обеспечения эксплуатации залежей углеводородного сырья, инновационные геодинамические, системно-аэрокосмические, физико-геологические, космобиоритмические технологии должного отображения не получили. Исключения составляют «Правила охраны недр ПБ 07-601-03», предписывающие изучение современной геодинамики и напряженно-деформированного состояния массива горных пород комплексом методов.

Литература

1. Годовой отчет лаборатории аэрокосмических методов ИПНГ РАН. М., 2009.

О СЛОЯХ ГАЗОГИДРАТОВ В ВОДНЫХ СРЕДАХ

А.Я. Хавкин, А.В. Сорокин, Л.С. Табакаева

ИПНГ РАН, aykhavkin@mtu-net.ru

Physical and chemical preconditions for formation gashydrate layers in water basins are considered.

Газогидрат (ГГ) метана – это огромный энергетический ресурс. Для высвобождения метана из ГГ метана требуется примерно в 15 раз меньше энергии, чем содержащаяся в самом метане тепловая энергия [1], а в 1 м³ ГГ метана содержится 160 м³ метана и 850 л воды [2]. Плотность ГГ метана равна 913 кг/м³, гидрата этана 967 кг/м³, гидрата пропана 899 кг/м³ [3, 4].

Метан находится в твердой гидратной форме при атмосферном давлении ниже температуры (-29)°С. При умеренных давлениях ГГ природных газов существуют вплоть до +(20÷25)°С [4]. ГГ относятся к нестехиометрическим соединениям, то есть соединениям переменного состава [5–7]. Найденные условия образования и стабильности ГГ метана позволили прогнозировать возможные зоны ГГ залежей на суше на глубине 200–1100 м при температуре от (-10)°С до (+15)°С, и в придонных слоях водоемов на глубине 1200–1500 м при температуре +(0÷17)°С. Эти прогнозы начали подтверждаться с 1969 г. Такие залежи найдены в северных районах Западной Сибири, на Дальнем Востоке, и на шельфе, затем на Аляске и в Канаде, а позднее во многих других странах [1–7]. На основании прогноза по геотермическим данным найдены газогидратные отложения в пресноводном водоеме при бурении в южной котловине о. Байкал на глубине 1433 м [8, 9].

Рассмотрим физико-химические условия существования, образования, и разрушения кристаллических структур метана и воды. Общепринятая теория образования ГГ рассматривает механистический подход, когда молекула углеводорода входит в полость кристалла воды и находится в ней (из-за невозможности выхода) с образованием соединений-включений, которые носят название «клатрат». На основании такого представления о ГГ долгое время обсуждался такой путь добычи газа из ГГ месторождений – повышение температуры или снижение давления в такой залежи [1–6].

Из представлений о клатратном механизме образования ГГ получается, что окружающие молекулу метана молекулы воды должны предварительно замерзнуть (кристаллизоваться). Но известны факты существования ГГ при положительных температурах, например, в газовых трубопроводах выше температуры замерзания воды [4, 5]. Кроме того, из термобарических параметров состояния ГГ [10], следует, что при температуре более 30⁰С и давлениях ниже 90 МПа молекулы ГГ типа $\text{CH}_4 \cdot 3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ в реальных условиях существовать не могут. Это позволяет утверждать, что ГГ образуются без предварительной кристаллизации воды.

Альтернативной клатратному механизму является гипотеза образования ГГ, в основу которой положена теория донорно-акцепторной связи, предложенная в начале XX века Льюисом [11], согласно которой за счет неравномерной плотности распределения электронов между атомами молекулы образуется дипольный момент. При этом молекула CH_4 в целом электронейтральна, т.к. внутри правильной тетраэдрической пирамиды имеет повышенную электронную плотность и четыре иона водорода компенсируют этот заряд. Межплоскостное расстояние трех атомов водорода в тетрагональной молекуле метана превышает 0,22 нм, что позволяет проникнуть в эту тетраэдрическую полость протону, имеющему размеры менее 0,05 нм, и приводит к образованию метастабильного иона метония CH_5^+ [12], который может существовать только в присутствии жидкой водной фазы за счет диссоциации. При последующей гидратации ион метония образует ГГ – метастабильное молекулярное соединение типа $\text{CH}_4 \cdot n \cdot \text{H}_2\text{O}$, где n , может быть больше 3 [11]. Физико-химический механизм применения многих реагентов по предупреждению образования ГГ заключается в донорских способностях функциональных amino-групп молекулы ингибитора, и, основываясь на теории Льюиса, можно сделать вывод о том, что одним из самых эффективных ингибиторов ГГ являются растворы щелочи. Исследования показали, что водные растворы щелочи действительно являются наиболее эффективными ингибиторами образования ГГ из промышленно используемых реагентов [13], что подтверждает донорно-акцепторной механизм образования и разрушения, имеющий наноразмерный характер, и который авторы считают наиболее достоверным.

Донорно-акцепторный механизм образования ГГ на суше и в водных средах (моря, озера) позволяет предположить наличие плавающих слоев (суспензии) газогидратов (СГГ) в водных средах. Связано это с тем, что ряд ГГ, как отмечено выше, имеет плотность близкую к плотности воды, а подток природного газа из геологических структур обеспечивает баланс подтока природного газа для образования суспензии газогидратов и оттока газа из-за разрушения ГГ.

Оз. Байкал на глубине более 100 м имеет температуру 3–4 °С и в придонных слоях 3,1 °С [14]. Из равновесной кривой образования ГГ метана [10] следует, что верхняя граница образования ГГ метана в оз. Байкал находится на глубине 380–400 м (рис., а). Образующиеся ГГ с плотностью близкой к плотности воды будут создавать плавающие слои в водной среде (рис., б), а ГГ с плотностью выше плотности воды (например, при образовании ГГ из смеси газов [10]) будут оседать на дно. Так, гидрат H_2S имеет плотность 1046 кг/м³, а гидрат CO_2 – 1107 кг/м³. За счет конвективного теплообмена с породами земли температура воды в непосредственно придонной зоне может быть повышенная, и вблизи дна возможно вода будет без плавающих слоев ГГ.

Результаты экспериментальных исследований равновесных условий образования ГГ в зависимости от минерализации воды в ИГДС СО РАН показали, что

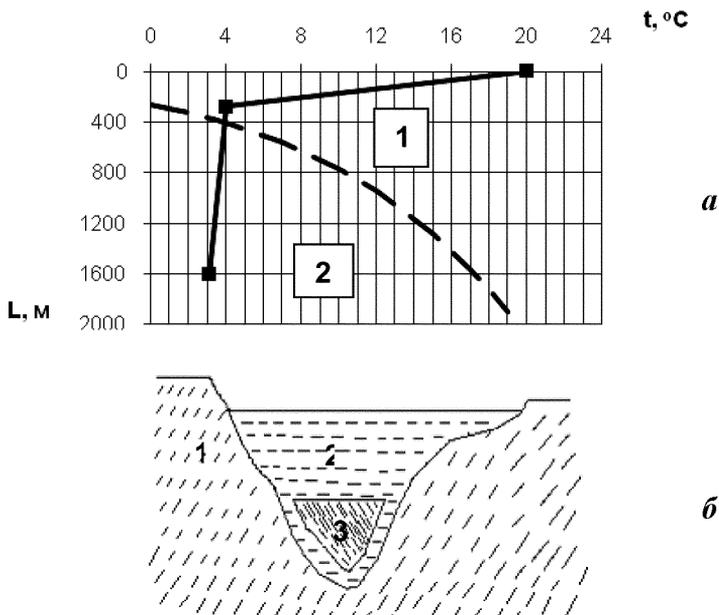


Рис. К механизму образования зоны плавающих слоев ГГ в водной среде.

а – распределение температуры в оз. Байкал (1) и верхняя температурная граница зоны стабильности ГГ (2), *б* – схема возможного расположения слоев ГГ в оз. Байкал: порода (1), вода (2), слои ГГ (3).

давление образования ГГ в соленых водах на 2,5 МПа выше [4]. Следовательно, в морских водах можно ожидать наличие плавающих слоев (скоплений) ГГ только на глубинах более 500 м.

Изучение пришельфовых отложений акватории морей и океанов проводится методами сейсмического каротажа. Скопления (суспензию) ГГ, расположенные выше дна в водной среде, невозможно обнаружить этим методом. Для их обнаружения следует использовать специализированные методы эхолокации. Для проверки наличия плавающих СГГ в водной среде достаточно подать небольшой объем щелочного раствора к изучаемой зоне. Если есть СГГ – начнет выделяться газ.

Изложенный подход может быть применен для анализа наличия слоев газогидратов в водных бассейнах.

Литература

1. Мировые перспективы природного газа / *Накиценович Н., Грицевский А., Грюблер А. и др.* Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. 84 с.
2. Современное состояние газогидратных исследований в мире и практические результаты для газовой промышленности // *Материалы совещания*, г. Москва, 29 апреля 2003 г. М.: ООО «ИРЦ Газпром», 2004. 112 с.
3. Эпоха метана не миф, а реальность! / Под ред. Коротаева Ю.П., Маргулова Р.Д. М., 1996, кн. 1, 273 с.
4. *Воробьев А.Е., Малюков В.П.* Газовые гидраты. М.: РУДН, 2007. 273 с.
5. *Истомин В.А., Якушев В.С.* Газовые гидраты в природных условиях. М.: Недра, 1992. 236 с.

6. *Макогон Ю.Ф.* Природные газовые гидраты: распространение, модели формирования, ресурсы // Российский химический журн. 2003. Т. 47, № 3. С. 70-79.
7. Газовые гидраты // Интернет, [www.Газовые гидраты-Википедия.htm](http://www.Газовые_гидраты-Википедия.htm)
8. Первая находка газогидратов в осадочной толще озера Байкал / *Кузьмин М.И., Калмычков Г.Б., Конторович А.Э. и др.* // ДАН СССР. 1998. Т. 362, № 4. С. 541-543.
9. *Голубев В.А.* Геотермический прогноз глубин нижней границы гидратного слоя в донных отложениях озера Байкал // ДАН СССР. 1997. Т. 352, № 5. С. 652-655.
10. Временная инструкция по предупреждению и ликвидации гидратов в системах добычи и транспорта газа / *Ю.Ф.Макогон, А.Г. Малышев, А.Д.Седых и др.* // ВНИИГАЗ. 1983. 132 с.
11. *Некрасов Б.А.* Курс неорганической химии. М.: Мир, 1968. 352 с.
12. *Тальрозе В.Л., Любимова А.К.* Вторичные процессы в ионном источнике масс-спектрометра // ДАН СССР. 1952. Т. 86. С. 909-912.
13. *Сорокин А.В., Хавкин А.Я.* О механизме гидратообразования / РГУ нефти и газа им. И.М.Губкина, Научный Совет РАН по проблемам геологии и разработки месторождений нефти и газа, Международная научно-техническая конференция «Нефть, газ Арктики». М., 2006 // М.: РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2007. С. 227-236.
14. *Соколов А.А.* Гидрография СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1952. Интернет, <http://abratsev.narod.ru/biblio/sokolov/p1ch23d.html>.

СТРУКТУРЫ ЦЕНТРАЛЬНОГО ТИПА И ЛИНЕАМЕНТЫ, ИХ СВЯЗЬ С ОЧАГАМИ НЕФТЕГАЗООБРАЗОВАНИЯ, КАНАЛАМИ МИГРАЦИИ И ПРОЦЕССАМИ ГЛУБИННОЙ ДЕГАЗАЦИИ (НА ПРИМЕРЕ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА И ПРЕДКАВКАЗЬЯ)

В.М. Харченко, С.В. Куксов, И.Л. Дагаев

355029 г. Ставрополь, пр. Кулакова 2, ГОУ ВПО СевКавГТУ

The given work describes the universal mechanism of central type structures formation connected with impulse discharge of normal and maximum tectonic stresses tangents or under their permanent influence. It also presents the basic criteria of Central type structures oil and gas content. The most important criterion is geodynamical connected with tensile phases.

В настоящее время существуют представления (Смирновой М.Н., 1997 г.) о том, что новые предпосылки изучения нефтегазоносности структур центрального типа (СЦТ) связаны с установлением вертикальной петрографической расслоенности земной коры и мантии, физически выражающейся в чередовании зон уплотнения и разуплотнения в плане и разрезе. Зоны разуплотнения насыщены флюидами, которые при современных и неотектонических движениях способны к вертикальной и горизонтальной миграции и тепломассопереносу. Такие скопления были названы известными учеными по-разному: «флюидоизированными очагами» (Валяевым Б.М., Дмитриевским Н.Н., Володиным И.А. 1994); «очагами разуплотнения, насыщенными флюидами» или вместилищами природных растворов и расплавов (Соколовым Б.М. 1982 г.) и «геодинамическими узлами с повышенной флюидопроводимостью» (Перерва В.М., Лялько В.М., Шпаком П.Ф.

1996 г., Варягов С.А. 1999 г., Гридин В.А. 2007 г.), за рубежом сходные объекты называют «газовыми трубами», которые в некоторой степени являются аналогами известных алмазоносных трубок взрыва. При этом величина тепломассопереноса по каналам вторжения настолько велика, что высказывается мнение и приводятся данные по известным отработанным месторождениям Грозненского и Волго-Уральского районов о возобновляемости запасов нефти и газа (Скарятин В.Д., Макарова М.Г. 2008 г.).

В качестве наиболее реальных объектов для выявления указанных каналов вторжения по нашему мнению и мнению многих исследователей должны рассматриваться СЦТ и линеаменты, образования которых связано с характером распространения и проявления современных и древних тектонических напряжений. Более того, согласно данным Б.А. Соколова 2002 г. о создании общей теории нефтегазоносности Земли, возможно интерпретировать СЦТ с позиций его флюидодинамической концепции, где положены представления о единстве триады, органически включающей очаг генерации УВ, пути миграции и зоны аккумуляции, объединенные в автономную нефтегазовую флюидогеодинамическую систему (ФГС). Он сравнивает эту систему с основными элементами дерева, в состав которых корневая система является очагом, ствол и ветви – пути миграции, крона и плоды – зоны аккумуляции.

Анализируя большую часть публикаций по вопросу образования СЦТ можно сделать вывод об их универсальной природе, связанной с закономерностями проявления и распространения тектонических напряжений (Гзовский М.В., 1975; Харченко В.М., 2006).

Предлагается наиболее общее определение СЦТ, которые представляют собой древние, новейшие и современные флюидодинамические системы или образования округлой формы с выраженной центральной симметрией, полученные в результате как импульсной разрядки тектонических напряжений, в том числе и метеоритной бомбардировке, так и постоянно действующих (нормальных и максимальных касательных), связанных с процессами магматического, соляного, глинистого и нефтяного диапиризма в условиях пульсационного режима Земли и неравномерного вращения её вокруг своей оси, Солнца и центра Галактики.

С наших позиций возможна аналогия концепции Б.А. Соколова с представленным универсальным определением СЦТ.

Основные критерии нефтегазоносности СЦТ базируются на уже известных критериях в нефтяной геологии для качественной оценки нефтегазоносности территорий (А.А. Бакиров, 1968 и др.). Это тектонический, геохимический, литологический, гидрогеологический, геоструктурный, геодинамический критерии и вновь предложенный геофизический.

Геофизический критерий нефтегазоносности СЦТ трактуется приуроченностью к ним различных геофизических полей: магнитного, гравитационного, электрического и теплового, которые располагаются в центральной части СЦТ или по концентрическим линиям различного радиуса, что связано с распределением полей тектонических напряжений и с основными потоками флюидов. Особо следует отметить признак отсутствия гравитационных аномалий в местах сильно выраженных магнитных аномалий, что может явиться прямым признаком залежей углеводородов над последней. Это объясняется простой компенсацией отрицательной аномалии над залежью углеводородов нижележащей положительной аномалией, которую обуславливают более плотные и железосодержащие горные поро-

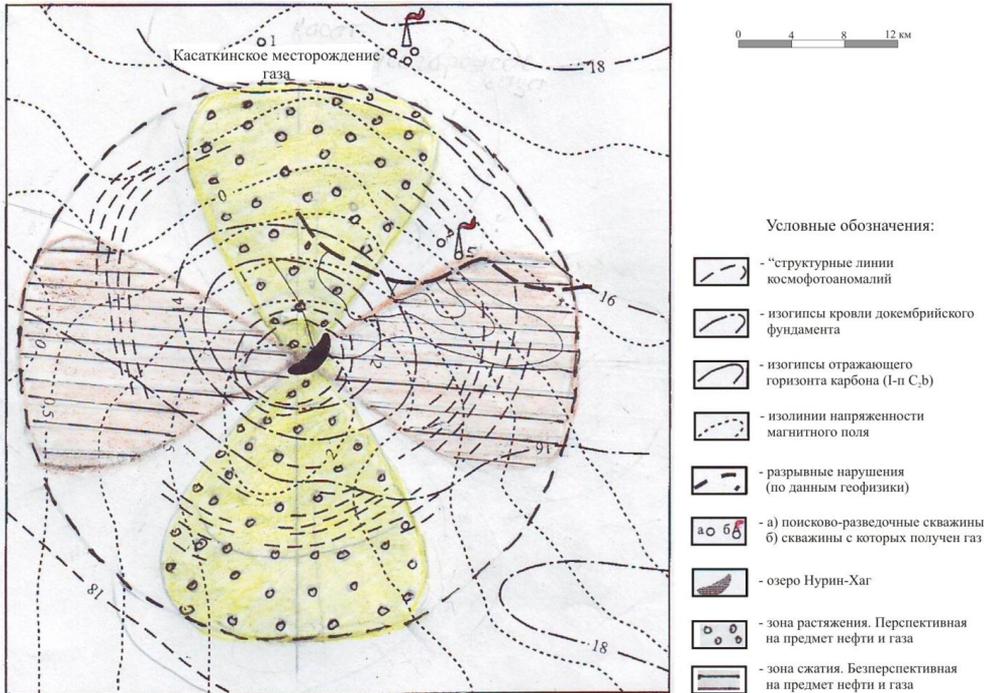


Схема перспектив нефтегазоносности Нурин-Хагской структуры центрального типа с позиций очаговой геодинамики

ды или флюиды с магнитосодержащими элементами (Павленкова, 2007). Пример такого феномена является Нурин-Хагская СЦТ в Калмыкии, где к ее центральной части приурочивается отчетливо выраженная магнитная аномалия, которая интерпретируется как вулканоплутонический центр или выступ древнего фундамента, сложенного железистыми кварцитами (рисунок).

По нашему мнению наиболее важным для оценки нефтегазоносности СЦТ является геодинамический критерий. На территории Северного Кавказа и Предкавказья возможна интерпретация СЦТ на основании выводов В.В. Дроздова, П.В. Бигуна, М.П. Голованова 2002 г., которые установили закономерную связь между зонами аккумуляции нефти и газа и интенсивностью новейших движений.

Нефтегазоносность вытекает из универсального определения СЦТ, а именно из его второй части, где указывается, что они образовались при постоянно действующих современных и неотектонических напряжениях, связанных с процессами именно нефтяного диапиризма, для которого характерны такие скорости вертикальных тектонических движений, которые обеспечивают образованию структур растяжений с провальными процессами в их центральной части, где отмечаются локальные опускания с ложными представлениями об отрицательных движениях земной коры в целом. На земной поверхности такие участки выделяются по характерному рисунку современной гидросети: центростремительно-центробежно-му. Примером таких морфоструктур являются Каспийская, Маныч-Гудиловская, Цимлянская, Краснодарская, Черкесская, Тамбуканская и Сенгилевская. Примером СЦТ с очевидной дегазацией недр является Бештаугорская

структура, где отмечаются высокие скорости вертикальных движений и следы миграции углеводородов в контактовых зонах магматического диапира (черные глины и мергели, преобразование пирита в марказит).

Рассматривая СЦТ, как аналог модели очага землетрясений представляется, что в зонах сжатия возникает благоприятные термобарические условия для генерации углеводородов, которые после своего образования мигрируют в соседние зоны растяжения и при соответствующих условиях (наличие коллекторов и покрышек) возможно формирование залежей нефти и газа. Особое значение в плане нефтегазоносности имеют участки наложения или интерференции зон разряжений или растяжений, как это наглядно происходит при интерференции волн в водной среде.

Особенностью нового метода поисков месторождений углеводородов (И.В. Гончаров и др., 2002; В.М. Харченко, 2006) является выявление основных очагов генерации с определением путей миграции флюидов, различного рода ловушек, и на конец залежей углеводородов. Такой метод наиболее эффективно может реализоваться путем выделения и интерпретации СЦТ и линеаментов, где очагами являются центры структур, путями миграции углеводородов – зоны радиальных и концентрических разломов, ловушками – участки пересечения разломов с трещинными коллекторами (геосолитоны – зоны субвертикальной деструкции), ловушки примыкания, приразломные антиклинальные ловушки и неструктурные ловушки различных размеров на пути миграции углеводородов.

Таким образом, СЦТ с характерной структурой «разбитой тарелки» в плане и «елочной» текстурой в разрезе слоистой толщи, в зависимости от скорости вертикальных движений, могут служить как путями миграции флюидов к поверхности и дегазации недр, так и вместилищами многоэтажных залежей углеводородов при наличии благоприятных условий из сохранения.

О ГЕОДИНАМИЧЕСКОМ ТИПЕ ВОДООБМЕНА В ПРЕДЕЛАХ ЮЖНО-КАСПИЙСКОЙ ВПАДИНЫ

В.В. Хаустов

Курский государственный технический университет, 305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.
okech@mail.ru

The report proposes to introduce the concept of juvenile aqueous fluid instead of the outdated term juvenile water. South Caspian basin in geodynamic respect is the structure of the active geodynamic regime. The report proved manifestations of juvenile aqueous fluid, and also restored water to the northern boundary of the South Caspian microplate in the formation of a resource groundwaters investigated region. Received hydrogeochemical criteria allow to specify the nature of the geodynamic regime of the concrete structure.

В гидрогеологическом разрезе весьма мощной стратисферы Южно-Каспийской впадины выделяются три зоны: зона гипергенеза, элизионная зона, геодинамическая (гидротермодинамическая) зона. Каждой из выделенных зон характерны специфические основные параметры гидрогеохимического, гидрогеодинамического и гидрогеотермического режимов.

Южно-Каспийская впадина в геодинамическом отношении является структурой с активным геодинамическим режимом. По мнению академика В.Е. Хаина и других исследователей, ее относительная молодость и рифтогенное происхождение несомненны. К настоящему времени многочисленными исследованиями подтверждается существование (палео)зон субдукции и рифтинга в пределах Южно-Каспийской впадины.

Важным следствием существования (палео)зон субдукции и рифтинга, в рамках обсуждаемой проблемы, является реальная возможность существования здесь дополнительного мантийного резервуара водных и прочих флюидов.

В ювенильный водный флюид, помимо ювенильной воды в понимании Э. Зюсса (т.е. воды зарождающейся в глубинных очагах плавления и ранее не принадлежащей гидросфере), а также воды, образующейся в результате окисления плутового вещества в процессе глобальной дегазации Земли, входят сопутствующие ей компоненты и в первую очередь газы.

Прямых диагностических признаков для воды, входящей в состав ювенильного водного флюида, не существует. Ими должны были бы служить изотопные характеристики водорода и кислорода, однако изотопный обмен между этими элементами входящими в состав водных молекул и в состав минералов вмещающей геологической среды, с которой вода соприкасается, исключает однозначный ответ на поставленный вопрос.

В то же время, возможность идентификации ювенильного водного флюида по сравнению с его водной составляющей шире, поскольку позволяет ориентироваться на изотопный состав входящих в него газов. Общеизвестно, что наиболее информативной среди них является гелиевая «мантийная метка», наряду с которой ценной информацией являются изотопные характеристики Ar, S, C, Sr, а также других элементов, если они установлены для пород мантии.

Что касается химического (солевого) состава воды ЮВФ, то он отсутствует в момент зарождения воды, формируется на пути продвижения вод от области зарождения к местам разгрузки, а по существу, определяется составом геологической среды, с которой вода соприкасается (имеется в виду выщелачивание твердой фазы, смешение с водами иного генезиса и пр.).

Активные глубинные геодинамические процессы (рифтогенез, субдукция и пр.), которые сопровождаются образованием ювенильных водных флюидов, оказывают существенное влияние на формирование природных вод в пределах конкретного региона в том случае, когда:

- а) образование ЮВФ имеет достаточно масштабный характер;
- б) существуют пути (глубокие тектонические нарушения) позволяющие перемещаться ювенильному водному флюиду от места зарождения к поверхности Земли.

В докладе доказываются проявления ювенильного водного флюида, а также и возрожденных вод на северной границе Южно-Каспийской микроплиты в формировании как ресурсов гидrolитосферы исследуемого региона, так и водном балансе Каспийского моря (к интерпретации периодических невязок его водного баланса). Причем, полученные гидрогеохимические критерии позволяют уточнить характер геодинамического режима конкретной структуры.

НАЧАЛЬНЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ КРУПНОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

М.В. Хачатурян, В.И. Петренко, В.Я. Зленко

Северо-Кавказский государственный технический университет

The components of the initial energy potential is determined in terms of large gas-condensate field. The value of the initial energy potential is calculated and the comparison of equivalent amount of electricity is made. The necessity of the initial energy potential estimation to make decision in the field of energy saving is concluded.

В газоконденсатном месторождении (ГКМ), рассматриваемом в качестве уникальной системы в земной коре, в термодинамическом, геохимическом и фазовом равновесии находятся следующие подсистемы: легкие углеводороды (газы-растворители) – высококипящие углеводороды; газы-растворители – водяной пар (газовыворигенная влага); пластовый газ (парогазоконденсатная смесь) – газонасыщенная остаточная вода; пластовый газ – газонасыщенный ретроградный конденсат; пластовый газ – газонасыщенная остаточная нефть; остаточная вода – порода; ретроградный конденсат – остаточная вода; остаточная нефть – остаточная вода; флюиды кондиционных коллекторов – флюиды некондиционных коллекторов; флюиды кондиционных коллекторов – флюиды неколлекторов; флюиды некондиционных коллекторов – флюиды неколлекторов.

Все системы и их составные элементы находятся при высоких термобарических параметрах и обладают потенциальной (упругой) энергией.

Насколько нам известно, начальный энергетический потенциал газоконденсатного месторождения, представляющего собой разнородную структуру, состоящую из различных горных пород и флюидов, т.е. отдельных компонентов сложной природной системы, накопивших энергию упругого сжатия, ранее не оценивалась. Для подсчёта энергетического потенциала всего месторождения необходимо подсчитать вклад каждого компонента.

В газоконденсатном месторождении аккумуляторами упругой энергии являются: горная порода; пластовый газ, представленный газом-растворителем, парами высококипящих углеводородов и воды; газонасыщенные жидкие углеводороды, представленные ретроградным конденсатом, остаточной нефтью и нефтью оторочки; газонасыщенные остаточная и поровая воды.

О необходимости учёта упругих сил сжатых пород ещё в 1950 г. говорили Г.Н. Газиев и И.И. Корганов. Позже оценивалось влияние на эксплуатацию залежей упругих свойств пород-коллекторов С.Н. Закировым. Им же детально рассматривалось влияние упруговодонапорного режима на разработку залежей углеводородов. На примере опытного участка Астраханского ГКМ В.И. Гладков детально рассматривал энергетический вклад в процесс разработки упругих сил газа, породы и внедряющейся пластовой воды.

Современные взгляды в сфере энергосберегающих технологий обращены на снижение потребления природных невозобновляемых ресурсов. Промышленная эксплуатация газовых и газоконденсатных месторождений сопровождается потреблением энергетического потенциала, накопленного в вышеперечисленных элементах месторождения за длительное геологическое время. Чтобы говорить об энергосбережении, следует оценивать первоначальный энергетический потен-

циал газового или газоконденсатного месторождения, который расходуется в процессе его разработки.

Начальный энергетический потенциал оценен для пород и запасов флюидов газоконденсатного месторождения GE. Результаты вычислений показаны на рис. 1 и в табл. 1. С целью количественного представления этого потенциала, его значение сравнивается с выработкой эквивалентного количества электроэнергии одной из крупнейших в мире Волжской ГЭС, составившего по данным за 2009 г. 32,47 ГВт·ч в сутки. При подобной производительности Волжская ГЭС вырабатывает аналогичное количество энергии за 1887 лет.

Таблица 1. Энергетический потенциал газоконденсатного месторождения GE

Компонент		Индекс компонента	Запасы	Энергетический потенциал, 10^{12} Дж	
			%		
1		2	3	4	
Углеводородный газ	Пластовый		1	93,671	2,0565
	Растворённый	В нефти оторочки	2	0,807	683000
		В остаточной нефти	3	2,811	2378000
		В остаточной воде	4	0,063	2824,85
	В закрытых порах	Свободный	5	2,628	0,0577
		Растворенный в воде	6	0,020	1620,6
Итого		1–6	100	3065447,56	
Нефть	Оторочки		7	22,44	1831,752
	Остаточная		8	77,56	6330,792
	Итого		7–8	100	8162,544
Вода	Остаточная		9	63,54	73368,792
	В закрытых порах		10	36,46	42091,308
	Итого		9–10	100	115460,1
Гелий	Свободный		11	58,21	127
	Растворённый	В нефти оторочки	12	0,16	1,5
		В остаточной нефти	13	0,53	4,86
		В остаточной воде	14	29,87	0,221
	В закрытых порах	Свободный	15	1,70	3,72
		Растворенный в воде	16	9,52	0,07
Итого		11–16	100	137,371	
Сжатый массив пород		17	100	1238,24	
Гидродинамический бассейн месторождения	Вода		18	–	75624488,1
	Растворённый газ		19	–	1709357,814
	Итого		17–19	–	77333845,91
Итого по месторождению		1–19		80524291,73	

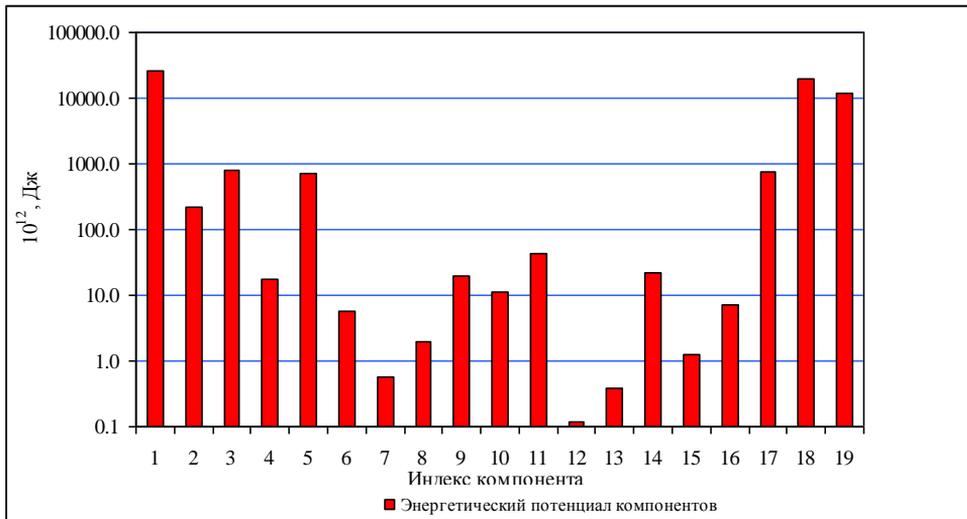


Рис. 1. Энергетический потенциал компонентов

Литература

1. *Высоцкий И.В.* Геология природного газа. М.: Недра, 1979. 392 с.
2. *Корценштейн В.Н.* Растворённые газы подземной гидросферы Земли. М.: Недра, 1984. 230 с.
3. *Петренко В.И.* Повышение углеводородоотдачи за счет ускоренной сегрегации зашумлённого газа / В.И. Петренко, А.Я. Доготь // Газовая промышленность. 1986. № 12. С. 31–32.
4. Руководство по добыче, транспорту и переработке природного газа / Д.Л. Катц, Д. Корнелл, Р. Кобаяши [и др.]; пер. с англ. М.: Недра, 1965. 676 с.
5. *Намиот А.Ю.* Растворимость газов в воде под давлением / А.Ю. Намиот, М.М. Бондарева. Справочное пособие. М.: Недра, 1991. 167 с.
6. *Crovetto R.* Solubilities of inert gases and methane in H₂O and D₂O in the temperature range of 300 to 600 K / R. Crovetto, R. Fernandez-Prini, M.L. Japas // J. Chem. Phys. 1982. V. 70. P. 1077.
7. *Cramer S.D.* Solubility of methane in brines from 0 to 300 °C // Ind. Eng. Chem. Proc. Des. Dev. 1984. V. 23. P. 533.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ГЛУБИН ОБРАЗОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПРИРОДНОГО ГАЗА УКРАИНЫ

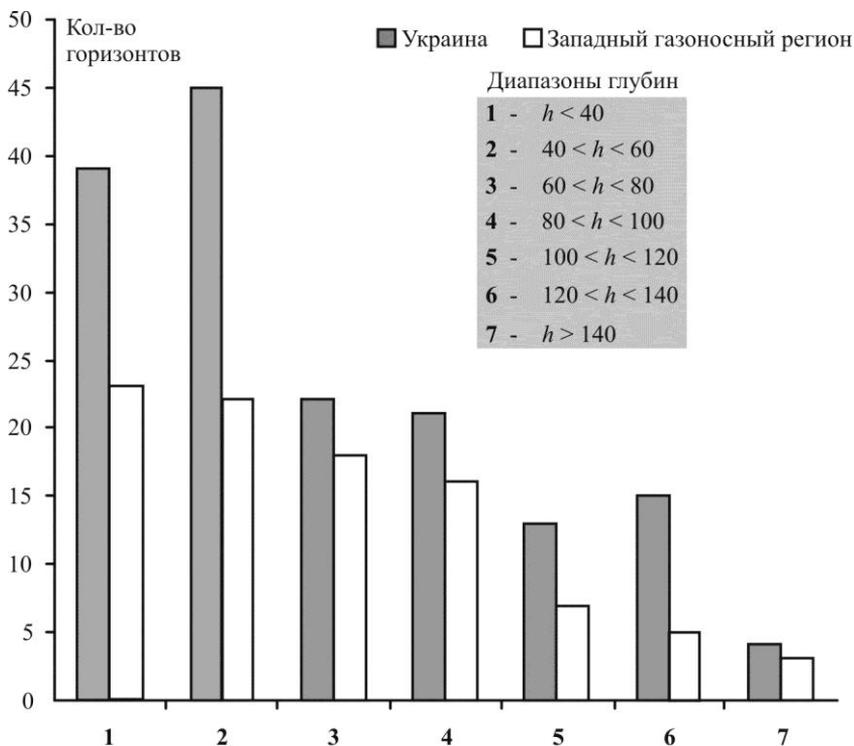
В.Н. Храмов, А.В. Любчак, Ю.В. Хоха

79053, Львов-53, ул. Научная 3-а, Украина,
Институт геологии и геохимии горючих ископаемых НАН Украины

Basing on the thermodynamic methods, it was possible to calculate and to quote the results of the average depth of the natural gas genesis for 73 fields (237 horizons) located in the territory of the Ukraine in the eastern, western and southern regions. It was established that the interval of the evolution of natural gas for the eastern region is from 40 to 137 km, for the western region: from 12,3 to 161,5 km, and for the southern region: from 27 to 181 km.

Актуальность проведенной работы обусловлена необходимостью разработки новых поисковых критериев месторождений углеводородов, которые, в свою очередь, невозможны без проведения фундаментальных научных исследований.

Для расчета глубин образования природного газа (ПГ) нами использован термодинамический метод – констант равновесия независимых реакций, активности для которого определялись созданным ранее уравнением состояния [1] для высоких термобарических параметров.



Распределение глубин образования природного газа

Основой нашей работы являлось предположение, которые природные газы и газоконденсаты представляют собой равновесные смеси. Только в этом случае использование аппарата классической термодинамики, позволяет с удовлетворительной точностью определить условия образования такой смеси. Как показали дальнейшие расчеты, это предположение соответствует действительности.

Во время проведения работы выявлены нарушения тенденции уменьшения концентрации углеводородов вдоль гомологического ряда алканов (более тяжелых гомологов больше чем легких, или более легкий отсутствует, при наличии тяжелого). В таких случаях расчеты не показывали соответствующего равновесного состава ПГ. Эти результаты уверенно подтверждают классификацию Никоннова [2], утверждающую, что углеводные газы являются совокупностью взаимосвязанных и расположенных в определенной последовательности соединений.

Последовательность представляет функцию, которая резко уменьшается от метана в сторону высокомолекулярных членов.

Проведенная Никоновым проверка для месторождений Угловьского бассейна показала, что в 20 % проб газа (168 из 848) были отклонения от концентрации гомологов вдоль гомологического ряда. В нашей работе для газовых месторождений Украины это отклонение составляет 29 %. По нашему мнению, для объяснения этих фактов необходимы дальнейшие исследования в направлении установления количества источников или импульсов углеводных флюидов, которые формируют месторождение.

Авторами обработаны данные по 73 газовым месторождениям Украины, из которых для 9 расчеты не были проведены (что составляет 12 %). Для указанных месторождений найденные данные по 237 горизонтам; для 69 горизонтов (29 % от общего количества) определение глубины образования не проводилось по вышеуказанной причине. Распределение ПГ месторождений Украины по глубинам образования представлены на рисунке. В дополнение к суммарным данным по газонасыщенным горизонтам для всей Украины, представлены результаты расчета для западного нефтегазонасыщенного региона. Как видно из рисунка, распределение глубин образования ПГ как для всей Украины, так и для отдельного региона подчиняется одному закону, с небольшими отклонениями. Выведение этого закона в аналитической форме требует дополнительных исследований.

Сделаны следующие выводы:

1. Термодинамические условия залегания природных газов месторождений Украины не отвечают равновесным, которые реализуются на значительно больших глубинах. Подобный эффект может быть объяснен лишь вертикальной миграцией газовой смеси из места образования к месту залегания.

2. Глубины образования природных газов Украины составляют от 12,3 до 181 км. Для восточного региона интервал образования ПГ составляет от 40 до 137 км, западного – от 12,3 до 161,5 км и южного – 27–181 км соответственно.

Литература

6. Брик Д.В., Стефаник Ю.В., Хоха Ю.В., Любчак О.В. Теоретичні основи розрахунку геотехнологічних процесів вилучення паливно-енергетичних ресурсів з надр Землі // УглеХимический журнал. 2007. №3-4. С. 64-70.

7. Никонов В.Н. Тяжелые углеводороды и их соотношения в газах нефтяных и газовых залежей // Геология нефти и газа. 1961. № 8. С. 15-21.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НИЖНЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ЛИТОСФЕРЫ

А.Н. Четырбоцкий

Дальневосточный геологический институт ДВО РАН

The thermal distribution model on border asthenosphere-lithosphere is suggest. In model factors of dispersion of heat along a horizontal direction of border and its expense for realization of phase transition are considered.

В исследованиях динамики вещества геосфер актуальной является проблема параметризации процессов в зоне непосредственного контактного взаимодействия двух различных механизмов переноса тепла: конвективного в сравнительно маловязкой астеносфере (A) и кондуктивного в высоковязкой литосфере (L). Решение проблемы в большинстве случаев выполняется посредством задания для этой зоны $A \cap L$ либо определенной температуры, либо определенной функции для теплового потока.

Для моделирования верхнемантийного течения были приняты допущения о том, что вещество верхней мантии соответствует вязкой несжимаемой жидкости. Для представления ее динамики использовалось уравнение Стокса [3] и уравнение переноса тепла [2]. В переменных завихренность – функция тока эти уравнения в обезразмеренном виде принимают запись

$$\nabla^2(\eta\xi) = -R_a \frac{\partial T}{\partial x} - 2 \left[\frac{\partial^2 \eta}{\partial x^2} \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \eta}{\partial y^2} \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} - 2 \frac{\partial^2 \eta}{\partial x \partial y} \frac{\partial^2 \psi}{\partial x \partial y} \right] \quad (1)$$

$$\partial T / \partial t + \partial(uT) / \partial x + \partial(vT) / \partial y = \nabla^2 T + b_T \eta (\partial u / \partial y + \partial v / \partial x)^2, \quad (2)$$

где x, y, t – пространственно-временные переменные; $\eta = \eta(x, y, t)$ – динамическая вязкость; $\xi = \partial v / \partial x - \partial u / \partial y$ – завихренность, а u и v – составляющие вектора скорости течения; R_a – число Рэлея; T – безразмерная температура; ψ – функция тока.

При постановке условия для T на границе $A \cap L$ здесь учитывается факт снижения потока тепла при ее переходе. Указанное снижение теплового потока обусловлено различием реологических свойств этих сред и, следовательно, определенными затратами тепла на частичное плавление вещества литосферы. При этом, поскольку само плавление происходит в течение некоторого времени (оно происходит не мгновенно), то происходит некоторое запаздывание его дальнейшего следования в периферийные геосферы Земли. Данная ситуация должна привести к аккумуляции тепла и росту давления непосредственно на нижней стороне границы $A \cap L$. В зависимости от толщины литосферы, ее состава, физической обстановки верхнемантийной конвекции, низкой теплоотдачи подошвы литосферы и ряда других факторов, на ней далее создаются условия последующего теплового взрыва. При построении здесь модели рассматриваемого процесса был принят во внимание факт того, что к указанной границе тепловая энергия Q (в дальнейшем просто тепло) может приходить только с ближайшего к ней слоя астеносферы. Допускается также его рассеивание вдоль горизонтального направления (диффузия тепла) и определенные его затраты на реализацию фазового перехода. В рассматриваемом случае полагается, что такие суммарные потери пропорциональны Q . Тогда динамику распространения тепла в этой зоне можно записать в виде

$$[\partial Q / \partial t + \partial(vQ) / \partial y] |_{A \cap L} = \partial(D_Q \partial Q / \partial x) / \partial x |_{A \cap L} - \gamma Q |_{A \cap L},$$

где γQ – суммарные затраты тепла (потери при его рассеивании и на реализацию фазового перехода на $A \cap L$); γ – неотрицательный коэффициент пропорциональности (в общем случае функция динамических переменных модели); D_Q – теплопроводность границы. Данное балансовое соотношение по своей сути есть записанное в консервативной форме одномерное уравнение переноса тепла к границе с рассеиванием его вдоль нее (по горизонтальной координате): его левая часть характеризует динамику притока/оттока тепла к границе астеносферы и литосферы, а

правая часть – рассеивание тепла и его расход на плавление пород литосферы. Подстановка в него термодинамического выражения зависимости тепла от температуры $dQ \equiv c_p \rho dT$ приводит здесь к такому уравнению для температуры на $A \cap L$

$$[\partial T / \partial t + \partial(vT) / \partial y] |_{A \cap L} = \partial(D_Q \partial T / \partial x) / \partial x |_{A \cap L} - \gamma T |_{A \cap L},$$

где c_p, ρ – теплоемкость и плотность вещества границы. В последней записи введено переобозначение $\gamma / c_p \rho$ через γ и учитывается приближение Обербека – Буссинеска: изменение плотности учитывается только при рассмотрении произведения ρg .

В рассматриваемом здесь случае при численном моделировании граница $A \cap L$ определяется множеством $\{ \{x, y\}, y = 1 \}$. В геодинамике традиционно принимается отсутствие в толще литосферы течений ее вещества. Поэтому $v(x, 1 + \Delta y, t) = 0$ при $x \in A \cap L$, где Δy принятая в вычислениях дискретность вертикальной координаты. Таким образом, запись этого уравнения при использовании центральной разностной аппроксимации конвективного члена $\partial(vT) / \partial y$ принимает вид

$$dT(x, 1, t) / dt = D_Q \partial^2 T / \partial x^2 + (2\Delta x)^{-1} v(x, 1 - \Delta y, t) T(x, 1 - \Delta y, t) - \gamma T(x, 1, t), \quad (3)$$

где d / dt – обыкновенная производная, которая характеризует скорость изменения дифференцируемой величины в конкретной точке; Δx – принятая при численном моделировании дискретность горизонтальной координаты.

Численное моделирование (1)–(3) выполнялось на сетке 75×60 узлов. Число временных слоев выбрано равным 3750. Параметры физических процессов задавались согласно работе [4]. На нижней границе задается температура, боковые границы области теплоизолированы. На границе астеносферы и литосферы задается условие (3). Для решения эллиптического уравнения (1) разработана итерационная схема его решения, которая является модификацией изложенной в [5] процедуры. Для решения (2) используется неявная схема переменных направлений. Результаты численного моделирования представлены на рис. 1 и рис. 2.

Распределение температуры и скоростей течений соответствует представлениям о характере конвекции вещества верхней мантии [2, 3]: отчетливо проявляются зоны подъема облегченного горячего вещества и опускания утяжеленного холодного мантийного вещества. Подобная ситуация отмечается также и на рис. 3: гребням этой поверхности отвечает восходящий поток, а впадинам – нисходящий поток.

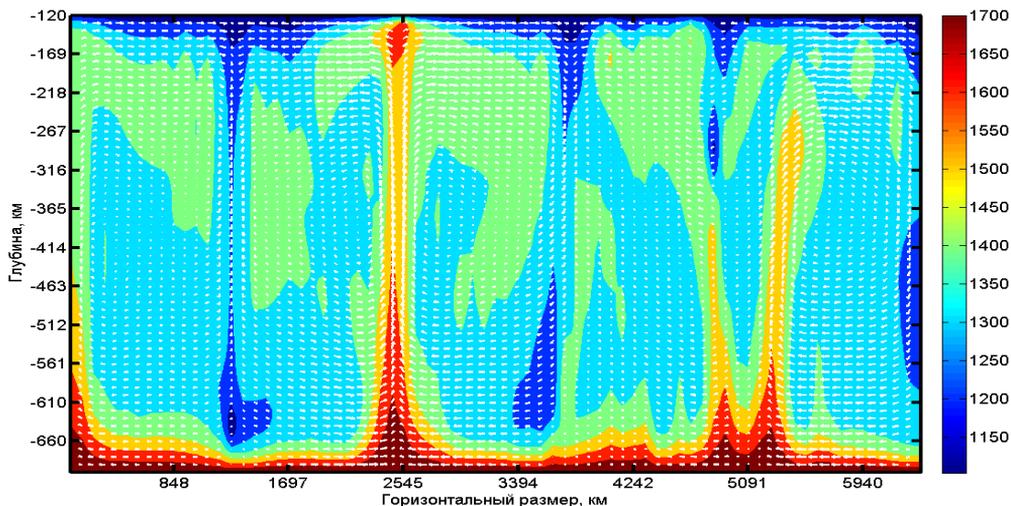


Рис. 1. Распределение температуры и скоростей течения (скорости верхнемантийного течения показаны стрелками) для $t = 9.9$ млрд лет

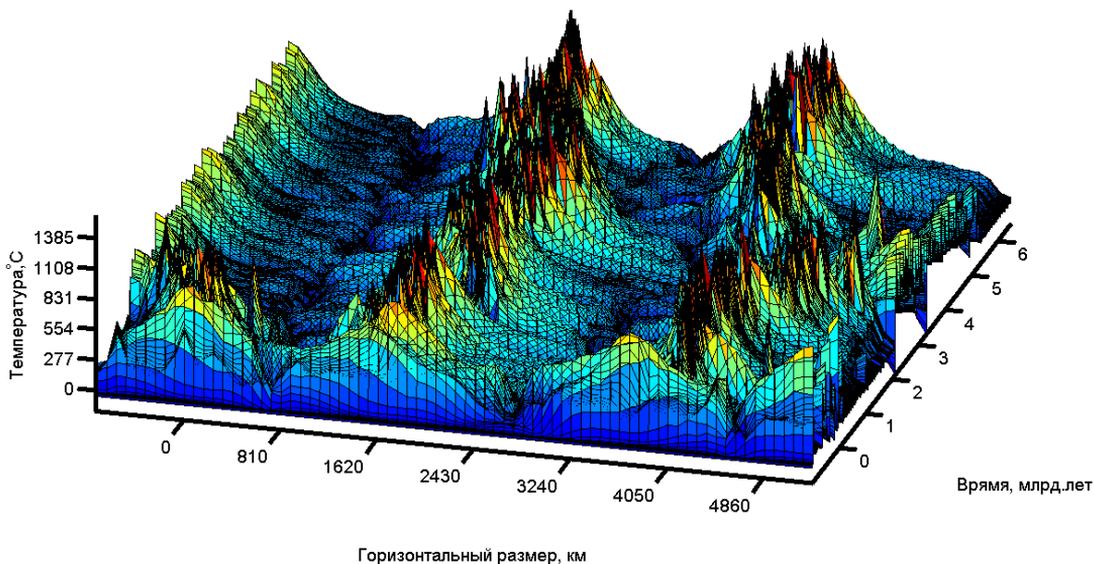


Рис. 2. Рельеф распределения температуры на A/L для $t = 9.9$ млрд лет

Литература

1. Джозеф Д. Устойчивость движения жидкости. М.: Мир, 1981. 638 с.
2. Добрецов Н.Л., Кирдяшкин А.Г. Глубинная геодинамика. Новосибирск: Изд-во СО РАН НИЦ ОИГГМ СО РАН, 1994. 299 с.
3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Т. VI. Гидродинамика. М.: Физматлит, 2003. 736 с.

4. Лобковский Л.И., Никишин А.М., Хаин В.Е. Современные проблемы геотектоники и геодинамики. М.: Научный мир, 2004. 612 с.
5. Темам Р. Уравнения Навье-Стокса. Теория и численный анализ. М.: Мир, 1981. 408 с.
6. Трубицын В.П., Рыков В.В., Трубицын А.П. Роль конвективных процессов при образовании высоковязкой континентальной литосферы // Вестник ОГГТГН РАН. 2001. № 7 (19). http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dggms/4-2001/trubitsyn.htm#begin.
8. Gurnis M., Davies G.F. Numerical study of high Rayleigh number convection in a medium with depth-depend viscosity // Geophys. J. R. astr. Soc. 1985. (186) 85. P. 523-541.

ТЕКТОНИЧЕСКИЕ УЗЛЫ СЕВЕРА РУССКОЙ ПЛИТЫ – «ТРУБЫ ДЕГАЗАЦИИ» И МЕЖГЕОСФЕРНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

З.Б. Чистова, Ю.Г. Кутинов

Институт экологических проблем Севера УрО РАН, г. Архангельск

Researches were directed on studying of properties of tectonic structures of the north Russian plate. Our data testify to presence of influence of tectonic infringements on Environment due to occurrence induced currents, deep decontamination and change of structure atmospheric fields.

Большинство тектонических узлов региона обусловлено пересечением рифейских грабенов северо-западного и трансблоковых зон меридионального и северо-восточного простираний. Тектонические активизации разломов фундамента прослеживаются вплоть до кайнозоя [1]. В местах пересечения рифейских структур и поперечных им зон разломов возникла динамо-пара, работавшая в режиме растяжения-сжатия. Т.е. формировался вертикальный глубинный стволочной канал теплопереноса (рис. 1).

Венд-палеозойский осадочный чехол. В осадочном чехле разломам обычно соответствуют узкие зоны трещиноватости, флексуобразные перегибы [1]. Иначе дело обстоит с узлами пересечения тектонических дислокаций, которые представляют собой вертикальные высокопроницаемые области, обеспечивающие коро-мантийное взаимодействие и постоянный приток флюидов и глубинных газов, транспортером которых являются поднимающиеся глубинные минерализованные воды (рис. 2). Газовое истечение формирующееся в покровных толщах, имеет две секции, расположенные вдоль траектории проявления [2]. В пределах первой (водонасыщенная толща разреза) – это серия поднимающихся по подводящему каналу пузырьков, в пределах второй (зона аэрации) – это пульсирующие струйки газа, вырывающиеся из сопла, сформированного устьем канала на разделе между водонасыщенной и аэрированной частями подземной среды.

Верхняя часть разреза. В верхней части разреза наблюдаются палеодолины сложного строения с глубиной вреза до 200 м, являющиеся «гидрогеологическими окнами» (рис. 2-8). Наблюдается усиленный водообмен между поверхностными и глубинными горизонтами, который характерен не только для палеодолин, но и для зон повышенной трещиноватости. К верхней части разреза приурочены и комплексные геохимические аномалии.

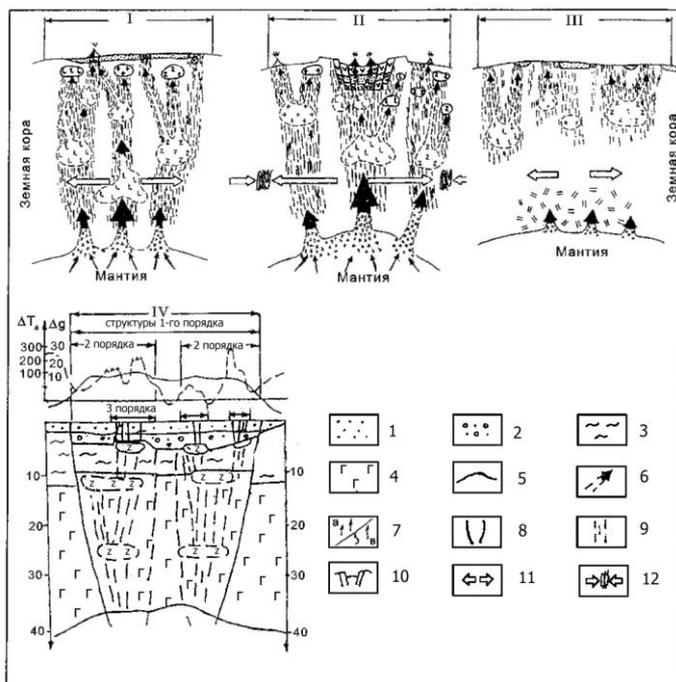


Рис. 1. Модель эволюции рифтогенных систем севера Русской плиты [1]

I–III – стадии развития: I – зарождения и созревания; II – активного рифтогенеза; III – затухания; IV – палеозойская тектономагматическая активизация рифейского палеорифта; 1 – осадочные отложения; 2 – рифейские осадочно-вулканические отложения; 3 – гранитно-метаморфический слой; 4 – базальтовый слой; 5 – поверхность Мохо; 6 – высоко проницаемая вертикальная мантийная колонна; 7 – теплопоток (а), флюидные потоки (в); 8 – конические разломы; 9 – зоны проницаемости (трещиноватости, разломы); 10 – осевые грабени; 11 – направление и интенсивность растяжения; 12 – зоны сжатия

Биота. В узлах тектонических нарушений наблюдается изменение площадной структуры растительного покрова [3] (рис. 2-5). С ними пространственно совпадают места гибели морских звезд и рыб, дихотомии деревьев [1] (рис. 2-6), участки загрязнения почв [4] и повышенного содержания тяжелых металлов в коре деревьев.

Гидросфера. Усиленный водообмен между поверхностными и глубинными горизонтами говорит об ином гидрогеологическом режиме в районах тектонических узлов, чем на прилегающих территориях. Наблюдается также и повторение гидросетью контуров тектонического узла (рис. 2-2).

Атмосфера. В 2001–2009 нами проводились измерения атмосферного давления над тектоническими узлами, и был установлен факт постоянного «дефицита» атмосферного давления. Минимумы имеют сложное строение с повышением значений в центре и понижением по периферии (рис. 2-2). Измерения, проведенные в разные годы и сезонные периоды, показывают, что выделенные минимумы являются статичными и не претерпевают сезонных изменений. Такое строение барического поля обеспечивает ускоренное выпадение атмосферных осадков и усиленную дегазацию по периферии узлов. Нами установлено, что частота выпадения осадков и их количество в центре и на периферии узлов, которые террито-

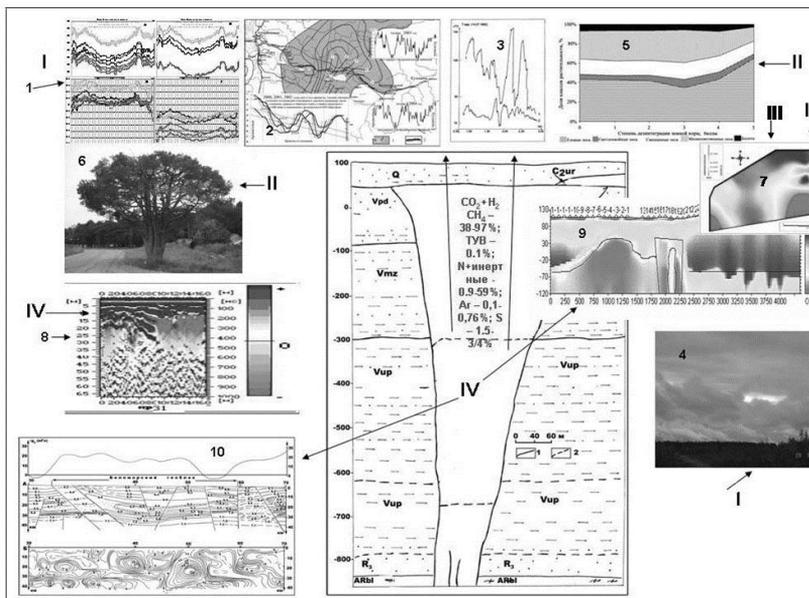


Рис. 2. Модель межгеосферного взаимодействия на площади тектонического узла
 I – атмосфера: 1 – графики атмосферного давления и содержания кислорода; 2 – строение атмосферного минимума; 3 – графики магнитных вариаций в тектоническом узле и за его пределами; 4 – структура облачности; II – биосфера: 5 – структура растительного покрова; 6 – дихотомия деревьев; III – педосфера: 7 – содержание К в горизонте А0; IV – литосфера: 8 – результаты георадиолокационных исследований; 9 – геоэлектрический разрез; 10 – разрез по данным ГСЗ

риально совпадают со стационарными минимумами атмосферного давления, существенно различаются [5]. Осадки в центре тектонических узлов выпадали значительно реже, а их количество на 26–38 % меньше, что влияет и на растительные сообщества и подтверждается повышенным содержанием Рb (7.91 мг/кг) во мхах, и в сфагновых мхах (6.81 мг/кг), и Zn (61.17–77.53 мг/кг) в зеленых мхах [4], структурой растительного покрова [3] и распределением калия и фосфора в почвах (горизонты Ао и А2) в районах тектонических узлов (рис. 2-7).

Изменения динамики и амплитуды короткопериодных вариаций в момент магнитных бурь в тектоническом узле [1] (рис. 2-3) и наличие зон повышенной проводимости [6] (рис. 2-9) говорит о возникновении в тектонических структурах наведенных магнитотеллурических токов и, как следствие, ионизации воздуха над узлами разломов. Своеобразная структура облачности над узлами позволяет сделать предположение об изменении электрической проводимости атмосферного воздуха (рис. 2-4). Постоянно наблюдаемый при этом розоватый оттенок можно интерпретировать как проявление эффекта черенковского свечения, возникающего за счет сжатия горных пород. Над тектоническими узлами наблюдается также изменение содержания кислорода в приземном слое атмосферы, что говорит о наличии глубинной дегазации (CO_2) по ослабленным зонам в земной коре (рис. 2-1).

Т.е., в районе тектонических узлов формируются вертикальные сквозные каналы сложного межгеосферного взаимодействия, захватывающие литосферу, гидросферу, биосферу и атмосферу.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант 08-05-99816_р_север_а и Программы ОНЗ РАН № 9 «Межгеосферные взаимодействия», проект «Изучение процессов взаимодействия геосфер в активных геологических структурах на севере Русской плиты»

Литература

1. *Кутинов Ю.Г., Чистова З.Б.* Иерархический ряд проявлений щелочно-ультраосновного магматизма Архангельской алмазоносной провинции. Их отражение в геолого-геофизических материалах. Архангельск: ОАО «ИПП «Правда Севера», 2004. 283 с.
2. *Зубарев А.П., Шулейкин В.Н.* Комплексный геофизический и геохимический контроль при эксплуатации подземных газохранилищ. М.: ГАЗПРОМ, 2009. 264 с.
3. *Гофаров М.Ю., Кутинов Ю.Г., Болотов И.Н.* Ландшафты Беломорско-Кулойского плато: тектоника, подстилающие породы, рельеф и растительный покров. Екатеринбург: УрО РАН, 2006. 167 с.
4. *Тарханов С.Н., Прожерина Н.А., Коновалов В.Н.* Лесные экосистемы бассейна Северной Двины в условиях атмосферного загрязнения. Диагностика состояния. Екатеринбург: УрО РАН, 2004. 333 с.
5. *Кутинов Ю.Г., Чистова З.Б., Беляев В.В., Бурлаков П.С.* Влияние тектонических нарушений (дегазация, наведенные токи, вариации геомагнитного поля на окружающую среду (на примере Архангельской области) // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2009. № 2 (14). С. 77-89.
6. *Коротков Ю.В., Кутинов Ю.Г., Чистова З.Б.* Возможности электроразведки при поисках кимберлитовых тел Архангельской алмазоносной провинции // Вестник Поморского Университета. Сер. Естественные и точные науки. 2007. № 2.(12). С. 26-34.

МОДЕЛЬ ПОДЗЕМНОЙ БИОСФЕРЫ В НЕФТЕГАЗОВЫХ БАССЕЙНАХ – НОВЫЕ ДЕТАЛИ

М.Ю. Чудецкий

Институт проблем нефти и газа РАН,
Москва, 119991, ул. Губкина, 3, chudetsy@mail.ru

Около десяти лет назад автором была опубликована модель подземной биосферы [Чудецкий М.Ю., 1998]. Модель строго согласовывалась с одной стороны с зональностью термоустойчивости прокариот гипертермофиллы археи (археобактерии) на нижнем этаже 6–2 километра (130–70 °С) и просто термофилы бактериями совместно с археями (эубактерии и археобактерии) на этаже нефтеокисления (криптогипергенеза) 3–0,3 километра (70–30 °С) [Чудецкий, 1998]. С другой стороны модель основывалась на переинтерпретированной по части генерации, но принятой в фактологической части последовательности глубинной зональности нефтей описанной А.А. Петровым [Петров, 1984]. Суть модели – следующая последовательность (индексы предложенные в работах А.А. Петрова, а новая интерпретация предполагает не остаточное накопление при избирательном разрушении, а синтез биомаркеров бактериями): **нефти А₁** – отсутствие бактерий (биомаркеры только заимствованные, либо псевдобиомаркеры); **нефти А₂** – общество архей (синтез линейных изопреноидов); **нефти Б₂** – бактериями сов-

местно с археями (синтез и обогащение нефти циклическими изопреноидами – гопаноидами); **нефти Б₁** – конечная стадия биодеградация подключения к бактериям одноклеточных грибов (биодеградация до полиароматики).

В ходе дальнейших работ последовательность была немного детализированная за счет описания крайних стадий, с сохранением логики предложенных А.А. Петровым индексов. Нефти А₀ – полное отсутствие изопреноидных биомаркеров, в нефти различимы лишь линейные алканы. Нефти Б₀ – появление биомаркеров (У-образных алканов) синтезированных миколовыми бактериями, приповерхностными нефтеокислителями.

Однако, оставались не решенные вопросы и в главных стадиях, о чем подробно говорится в диссертации автора [Чудецкий М.Ю., 2004]. Относительно стадии Б₂ было не понятно, какие из бактерий участвуют в синтезе гопанов непосредственно в залежах – таких данных у микробиологов не было. Еще были не ясны масштабы биодеградация и механизмы генерации изотопнолегкого по $\delta^{13}\text{C}$ метана, месторождения которого тесно ассоциированы с биодеградируемыми нефтями. Относительно стадии А₂ возникал самый острый вопрос к микробиологам – могут ли архебактерии откуда-либо попадать в такие глубинные местообитания.

Сообщество микроорганизмов биодеградация ассоциированное с месторождениями нефти категории Б самое изученное из подземных микробиальных сообществ. Развитие бактерий в верхних горизонтах месторождений доступно для изучения классическими методами выделения бактерий в культуры. В верхних горизонтах месторождений обычно имеется некоторый водообмен в водоносных пластах под углеводородными залежами, за счет которого могут существовать микробиальные сообщества – спутники окисления углеводородов. Разработка месторождений обычно даже стимулирует жизнедеятельность такого типа сообществ.

Однако, как оказалось, данные описывающие деятельности бактерий при нефтедобыче не просто экстраполировать на эффекты возникающие благодаря длительной деятельности указанных микроорганизмов в природных коллекторах при затрудненном водообмене в течение тысяч лет пока коллекторы не были потревожены. Общая схема указывала на новообразование циклических изопреноидов ряда гопана в этих нефтях, что расходилось с данными микробиологов – были известны лишь аэробные бактерии гопанопродуценты из групп метаноокислителей, цианобактерий и кластридий. Внимательное изучение данных геохимии все же убеждало автора в том, что анаэробные гопанопродуценты будут найдены. В 2009 году вышла в свет статья Блюменберга с соавторами, в которой синтез гопанов был задокументирован у анаэробной бактерии *Desulfovibrio bastinii*, выделенной из окружающей нефтяное месторождение пластовых вод [Blumenberg et al., 2009].

Прямые поиски наиболее глубинных микроорганизмов в литосфере ведутся уже более полувека, но пока не давали ярких и однозначных результатов. Сообществ сопоставимых с микробиальными сообществами «черных курильщиков» глубин океанов в глубинах литосферы до сих пор не было обнаружено. Практически общим выводом большинства исследований является уменьшение количества микроорганизмов с глубиной, что создает впечатление случайности и вторичности этих микробиальных биоценозов по отношению к наземным сообществам. Однако можно сделать и иной вывод: типичные, адаптированные исклю-

чительно для жизни на больших глубинах сообщества бактерий, каким-то образом, ускользают от большинства микробиологических исследований.

Данные накопленные в нефтяной геологии и геохимии указывают на то, что следы жизнедеятельности самых глубинных из микробных сообществ, существующих исключительно за счет продуктов поступающих из недр можно увидеть, если проанализировать особенности изменения химического состава нефтей с глубиной.

Модель подземной гидросферы включает три зоны, последовательно сменяющие друг друга с глубиной: зону свободного водообмена, зону затрудненного водообмена и зону весьма затрудненного водообмена. По современным данным в осадочных бассейнах зону «затрудненного водообмена» описывают как зону подземных вод с латеральным единообразием характеристик в пределах отдельных пластов; а «зону весьма затрудненного водообмена» описывают как зону с латерально неоднородными (блочными) и часто с аномальными по своим характеристикам подземными водами. Нижнюю границу нижней зоны можно определить как переход обособленной водной фазы в смешанную фазу углеводородно-водного флюида. Тектонические нарушения способствуют прорывам флюидов из нижних зон в верхние. Основной путь перемещения потоков углеводородно-водных флюидов от зарождения до аккумуляции в залежах – из нижних горизонтов с большими значениями давления и температуры, в верхние – с меньшими значениями. По мере изменения P и t° условий поднимающиеся потоки испытывают состояния химической и термодинамической неравновесности. Такие геофлюиды являются потенциально реакционно способными и они могут нести компоненты поддерживающие питание микроорганизмов [Чудецкий, 2002], к этим же выводам приходят и другие исследователи [Зубков, 2009]. Питательными компонентами для микроорганизмов могут быть смеси CO , H_2O ; CO_2 , H_2 , окислы азота и железа, а также ненасыщенные углеводороды. Однако для существования на подобном питании подземным микроорганизмам, как и микроорганизмам «черных курильщиков» приходится балансировать между не совместимыми с жизнью температурами (по современным данным более $150^\circ C$) и реакционной способностью геофлюида.

Процесс формирования нефтяной залежи, по отношению к питанию микроорганизмов, подобных гипертермофильным архебактериям *Methanobacterium thermoautotrophicum* и *Methanopyrus kandleri*, представляет собой приток питательных веществ, но приходящих не с поверхности, а из глубоких подстилающих пород. Микроорганизмы способные питаться за счет неравновесного флюида, на смеси водорода с углекислым газом, за счет анаэробного окисления метана и потребления других низкомолекулярных субстратов принадлежат к самому гипертермофильному таксону архебактерий. Ациклические изопреноиды из мембран этих архебактерий попадают, в результате, в состав углеводородов нефти. Химическим следом такой архебактериальной жизнедеятельности является генерация нефтей типа A^1 и A^2 по классификации А.А.Петрова, за исключением тех, которые были отнесены к категории A^0 . Согласно реконструкции предложенной автором [Чудецкий, 2002], если сообщества «черных курильщиков» можно отождествить в геологических толщах по отложениям специфических колчеданных брекчий, остающихся от труб, по которым разгружались на морское дно геотермальные потоки, то внутрилитосферные микробные сообщества можно отождествить по формированию специфического типа нефтей – (A^2).

Нефти типа А² встречаются не столь уж часто. Важно геотектоническое положение месторождений этих нефтей. В нем должно сочетаться близость к рифтам или к участкам утончения земной коры, из которых могут поступать неравновесные геофлюиды и, в тоже самое время, температуры таких флюидных ловушек не должны превышать допустимые для жизни микроорганизмов. Таким зонам близки проницаемые геологические структуры, выделенные П.Н. Кропоткиным как трубы дегазации [Кропоткин, 1986]. Этим условиям соответствуют находки указанных нефтей: Нефти типа А² найдены в кайнозойских и в мезозойских отложениях на глубинах доходящих до 1500–3500 м (выше чем А¹ и глубже чем Б¹ и Б²).

В качестве типичных представителей нефтей А² могут служить нефти Западной Сибири от 1500 до 2500 метров глубиной залегания (Самотлор, пласт АВ2 – 1777 м, Новопортовское – 1828 м, Соленинское – 2408 м).

В сумме все указанные данные приводили автора к уверенности, что чисто архебактериальное (архейное) гипертермофильное сообщество микроорганизмов должно быть обнаружено микробиологами в одном из месторождений под уровнем нахождения нефтей категории А². В это время ИНМИ РАН упорными поисками такого сообщества в нефтяных месторождениях занимались в лаборатории гипертермофильных микроорганизмов. Эти исследования никак не были основаны на данных геохимии, так что не удивительно, что более десяти лет велись безрезультатно. Тем не менее, совпадение конечного результата с прогнозом показывает, что модель, на которой был основан прогноз, верна. В 2009 году в книге «Проблемы происхождения жизни.» Е.А. Бонч-Осмоловская опубликовала в статье «Высокотемпературные глубинные микробные сообщества – возможный аналог древних экосистем» данные о находке в самоизливающихся нефтях из юрских горизонтов месторождения Самотлор с глубины 2299–2427 метров при температурах более 80° С сообщества бактерий живущего исключительно за счет литотрофного метаногенеза, то есть архебактериального [Бонч-Осмоловская, 2009]. Эта находка снимает вопрос о том, могут ли попадать микроорганизмы на такие глубины, и переводит вопрос в другую форму: раз микроорганизмы найдены, значит нужно совместными усилиями геохимикам и микробиологам находить механизм и пути, как архебактерии туда попадают. В более широком смысле эти результаты означают, что неправильно считать мезозойские, а возможно и более древние породы стерилизованными за счет миллионов лет изоляции.

Литература

Бонч-Осмоловская Е.А. Высокотемпературные глубинные микробные сообщества – возможный аналог древних экосистем // Проблемы происхождения жизни. М., 2009. С. 202-214.

Зубков В.С. Закономерности распределения и гипотезы происхождения конденсированных нефтяных пород в магматических породах различных геодинамических обстановок // Геохимия. 2009. № 8. С. 787-804.

Кропоткин П.Н. Дегазация Земли и генезис углеводородов // Журнал всесоюзного химического общества. 1986. Т. XXXI. С. 540-546.

Чудецкий М.Ю. Бактерии в нефтяных залежах, хемофоссилии и геохимические типы нефтей // Углеводородные формации в геологической истории. Петрозаводск, 1998.

Чудецкий М.Ю. Микробиальный генезис изопреноидных хемофоссилий – ключ к расшифровке полигенности и вертикальной зональности нефтей // Сб. ИПНГ РАН «Дегазация Земли и генезис углеводородных флюидов и месторождений». М.: ГЕОС, 2002. С. 152-170.

Blumenberg M., Oppermann B., Guyoneaud R., Michaelis W. Hopanoid-production by Desulfovibrio bastinii isolated from oilfield formation water // FEMS Microbiol. Lett. 2009. V. 293. P. 73-78.

ФАЦИАЛЬНЫЕ ВАРИАЦИИ СОСТАВОВ ПОТОКОВ НАДАСТЕНОСФЕРНЫХ ФЛЮИДОВ, ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИХ С ПОРОДАМИ В ПРОНИЦАЕМЫХ ЗОНАХ ЛИТОСФЕРНОЙ МАНТИИ

В.Н. Шарапов¹, А.А. Томиленко¹, К.В. Чудненко²

¹ ИГМ СО РАН Новосибирск, ² ИГХ СО РАН Иркутск

The problem of nonisothermic equilibrium physicochemical dynamics for interaction of asthenosphere magmatogene fluids and ultrabasic depleted mantle rocks in flat permeable zones has been solved. The zoning of gas phase composition for variations of P-T conditions has been shown.

На основе квазидвумерной модели неизотермической динамики конвективного теплопереноса в проницаемых надастеносферных зонах рассмотрены РТ-фаии сопряженного изменения составов потоков восстановленных магматогенных флюидов, взаимодействующих с ультрабазитовыми породами однородной литосферной мантии. Задача решалась с помощью реакторной многорезервуарной модификации программного комплекса (ПК) Селектор Win. Оценки составов углеводородных газов и органических соединений получены с использованием базы данных [Зубков, 2005]. Моделирование вариаций составов газовой фазы проведено для системы С-Н-О-S-N-Cl-F + петрогенные компоненты. Полученные результаты сопоставлены с оригинальной базой данных по составам газовой фазы в ксенолитах мантийных пород различных минералогических фаций глубинности из кимберлитов трубки Удачная (Якутия), определенных хроматографическим методом. При таком изучении мантийных пород обнаружено, что по содержанию и соотношению H_2O , CO_2 , CO , CH_4 , H_2 во всех породных группах гипербазитов и алмазах имеется от трех до четырех кластеров газовой фазы с характерными «обводненностью» ($H_2O/\Sigma(CO_2+CO+CH_4+H_2)$) и «восстановленностью» ($CO_2/\Sigma(CO+CH_4+H_2)$): 1) имеют относительно высоко- и низководные кластеры, 2) относительно низководные кластеры обладают более восстановленными газами (величина модуля «восстановленности» в полтора-два раза меньше, чем в максимально водосодержащих образцах). Содержание углеводородов них составляет десятые и сотые доли %. Показано [Шарапов и др., 2010], что такого рода флюиды являются продуктами переуравновешивания при декомпрессии мантийных толщ первичных магматогенных флюидов при температурах существенно ниже T солидуса базитовых магм.

Предполагается, что астеносферные флюиды представлены восстановленными, возможно, водно-метановыми составами [Green, Fallon, 2005]. Если эти флюиды генерируются базитовыми выплавками, возникающими при декомпрессионном плавлении пород верхней мантии, то можно предвидеть в них достаточно широкое колебание соотношения летучих соединений для системы С-Н-О-N-S [Holloway, 1981; 1987]. Следовательно, их взаимодействия с породами литосфе-

ры будут предполагать соответствующий спектр реализаций. Подобная задача рассматривалась многими авторами. Общая картина из этих и других широко известных работ сводится к следующим позициям: 1) увеличение значения модуля C/N вызывает уменьшение содержания H_2O , CH_4 ; увеличение O приводит к возрастанию окисленности газовой смеси, 2) наличие C в твердой фазе стабилизирует соотношение газов в смеси, 3) составы тяжелых углеводородов (ТУВ) и легких углеводородов (УВ) имеют вполне определенные смещения в поле изменений T и P . В отношении УВ общие закономерности изменения равновесных содержаний в различных фациях мантийных пород освещены в [Бычинский и др., 2006; Зубков, 2005]. Показано, что главной особенностью преобразования состава УВ в поле изменений T по геоизотермам и $P_{лит}$ в верхней мантии является наличие «метанового порога» – перехода ТУВ в «легкие» УВ, которые по данным этого цикла вычислительных экспериментов близки параметрам равновесия «алмаз-графит» [Карпов и др., 1998]. При более низких T и P детально эта задача не решалась. Поэтому нами исследована задача для нестационарного процесса конвективного прогрева мантийных пород в плоской проницаемой зоне над астеносферным магматическим очагом с учетом метасоматического преобразования континентальной литосферы под кратоном Сибирской платформы (СП). При решении задачи имелась в виду информация о составах газовой фазы в оливинах в кимберлитах [Томиленко, Ковязин, 2008] и интрузивных базитовых породах, внедрившихся в породы нижней части земной коры перед интрузией кимберлитовых расплавов [Томиленко и др., 2002], – первичные магматические углекислотные флюиды имели низкое содержание воды.

Численный анализ оценки изменения составов магматогенной газовой фазы с деплетированными породами литосферной мантии строился на основе последовательных двух приближений: 1) для стационарного профиля T и P по проницаемой зоне фильтрации, 2) оценки динамики изменения равновесных составов газовой фазы в нестационарную стадию P - T эволюции флюидной системы. Для первого случая получены следующие результаты. Статистические оценки виртуальных равновесных составов флюидов равновесных с изменяемыми породами литосферной мантии, представленными катаклазированными от шпинелевых до алмазосодержащих гранатовых лерцолитов, искались для $T_{act} = 1400$ °С и $P_{нач} = 70$ кбар и температуры под границей Мохо порядка 900 °С и давления 28 кбар. Выборка составов флюидов из 40 последовательной «гирлянды» резервуаров извлекалась для 12 значений T и P , которые покрывали все средние составы для ΔT порядка 50 °С, для области «критических» температур шаг был 10 °С. Численно оценивались вариации равновесных составов газов для базовой системы C - H - O с мольными количествами $C = 1-2$, $H = 1-6$, $O = 0-2$ моль/кг, а также дополнительно с независимыми компонентами в магматическом резервуаре с мольными содержаниями: $Si = 0 - 1$; $Al = 0 - 0,2$; $Ti = 0 - 0,01$, $Na = 0 - 0,1$; $K = 0 - 0,2$; $S = 0-1$; $Cl = 0-1$; $F = 0 - 0,4$; $N = 0-0,2$ моль/кг. Совокупность этих данных показывает, что во флюидных продуктах гетерофазного взаимодействия магматогенных газовых смесей и деплетированных ультрабазитов континентальной литосферы демонстрирует, что для обозначенного спектра отношений C/N и мольной доли кислорода в исходной газовой смеси $O=1$ обособляется два типа флюидов: 1) относительно обогащенные широким спектром УВ с резко различными содержаниями CO , CO_2 , H_2 , CH_4 и H_2O (интервал температур выше 1225 °С), 2) резко обед-

ненные ТУВ, но обогащенные метаном с переменным содержанием воды и углекислоты (интервал температур 1225–950 °С).

Исследование динамики тепло-массообмена при различной проницаемости разломной зоны обнаруживает сложную картину эволюции составов флюидов в системе в нестационарную стадию становления поля температур. Полагаем, что в плоскую проницаемую зону разлома из астеносферного магматического очага поступает стационарный поток магматического флюида, свойства которого отвечают уравнению состояния идеальной газовой смеси. На входе в систему флюид имеет известный состав, начальную температуру $T_{\text{сол}}$ (1410 °С) и давление $P_{\text{лит}}$ (70 кбар). Для описания гидродинамики потока используется приближение Дарси, в процессе теплообмена с породами принимается, что во флюиде не происходит конденсации компонентов газовой смеси, как и явлений конвективного плавления метасоматизированных пород. По разрезу многослойной литосферы теплофизические характеристики сред принимается меняющимися, но кусочно-постоянными в литосферных слоях слагающих их пород. Учет теплопотерь в боковые породы потоком флюида проводится введением эффективного коэффициента теплообмена α_2 , на верхней поверхности литосферы теплопотери также описываются заданием коэффициента теплообмена α_1 . Будем на каждом временном шаге параллельно с динамикой конвективного теплообмена исследовать равновесную физико-химическую динамику процесса гетерофазного взаимодействия флюид-порода в рамках схемы проточного реактора [Бессонова и др., 2010]. Интегральный параметр, характеризующий все гетерофазные равновесия в любой точке рассматриваемой системе, – летучесть кислорода $pO_2 = f(T, P, C_{i,j})$. Главным фактором изменения pO_2 в обсуждаемом случае является динамика T . Последняя при конвективном тепло-массообмене определяется проницаемостью и эффективной пористостью мантийных пород в разломных зонах. При низких проницаемостях (k_p) литосферных пород на входе в систему порядка $10^{-16,5}$ – 10^{-16} м² и пористости не выше 2 % максимально высокие температуры в области фильтрации выше начальных распределений порядка 200–250 °С. Поэтому на глубинах 30–40 км температуры даже в квазистационарной стадии прогрева порядка 500 °С. «Метановый порог» в такого рода проницаемых зонах может находиться на глубинах более 120 км. В более проницаемых зонах разломов при $k_p > 10^{-15,5}$ м² температуры более 1000 °С можно ожидать на глубинах 3–5 км от поверхности Земли. Естественно при соответствующих pO_2 ТУВ могут достигать достаточно малых глубин в земной коре.

Нами построен ряд значений pO_2 на входе в систему ($T_{\text{сол}} = 1400^\circ\text{C}$, $P = 67$ кбар) для разных отношений С/Н/О: pO_2 -12,19 С=3, Н=2, О=3 моль/кг (С/Н 1,5; Н/О 0,33; С/О 1); pO_2 -12,78 С=3, Н=2, О=2 моль/кг (С/Н 1,5; Н/О 1; С/О 1,5); pO_2 -12,99 С=2, Н=3, О=1 моль/кг (С/Н 0,66; Н/О 3; С/О 2); pO_2 -13,07 С=3, Н=2, О=1 моль/кг (С/Н 1,5; Н/О 2; С/О 3); pO_2 -13,28 С=2, Н=4, О=1 моль/кг (С/Н 0,5; Н/О 4; С/О 2). Изменение pO_2 в рассматриваемых гетерофазных равновесиях синтез-газов неизбежно приводит к соответствующим вариациям в составе минералов измененной породы в отношении содержаний оливина и ортопироксена, а также минералов в гранате. При этом, в таком ряду взаимодействий наиболее существенно меняется состав флюидной фазы, – при $pO_2 = -12,19$ флюид ~70 % состоит из суммы (CO_2+CO), $H_2O < 1$ %; в нем отсутствуют углеводороды, 30 % < C_3H_4O (пропиловый альдегид акролеин). При минимальных величинах $pO_2 = -13,28$ газовая смесь на ~70 % представлена акролеином, в которой <1,5 % составляют уг-

леводороды, $H_2O \sim 6,6 \%$, $(CO_2+CO) < 7 \%$. При фиксированных значениях $C = 1$, $O = 1$ изменение pO_2 в рассматриваемых гетерофазных равновесиях синтез-газов неизбежно приводит к соответствующим вариациям в составе минералов измененной породы в отношении содержаний оливина и ортопироксена, а также минералов в гранате. Появление в магматических газах галогенидов и петрогенных компонентов существенно меняет указанные соотношения как в сторону увеличения pO_2 (галогениды), так и понижения этого потенциала. Численно оценены фациальные границы составов газов, взаимодействующих с литосферными породами от начального до квазистационарного состояния T и P по разрезу пронизываемых зон для спектра реализаций k_p и параллельного изменения минеральных ассоциаций в литосферных породах. Главной особенностью такого рода газовых смесей при T - P выше «метанового порога» является значительное количества кислородсодержащих органических газов. Похоже, что в существующих дискуссиях о составах мантийных флюидов это обстоятельство пока не учитывается.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 08-05-00467.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМОВ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ЗАКОНОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ УВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

А.Р. Шатахян

119296 г. Москва, ул. Молодежная, д. 3, Геофизический Центр РАН +7(916)812 7493
AShatakh@its.jnj.com

Within the framework of this paper a database with properties of big and super-big ore deposits and fields using GIS “Big and super-big deposits” was created. An attempt to characterize the law of distribution of these deposits was made. Some similarity with laws of oil and gas fields distribution was obtained. Studying these distributions in logarithmic coordinates (in opposite to linear coordinates) we can suppose that the processes leading to big and super-big deposits have analogous nature.

В сейсмологии широко известен и играет чрезвычайно важную роль закон повторяемости землетрясений Гутенберга-Рихтера. Исследование характера распределения числа объектов в зависимости от их величины сыграло важную роль в понимании также и других объектов и процессов. Можно ожидать, что исследование характера эмпирических распределений числа месторождений от величины их запасов также может оказаться полезным в плане лучшего понимания процессов рудогенеза. Основанием для таких исследований служит известный факт высокой концентрации значительной доли минеральных ресурсов в малом числе крупнейших месторождений, что определенно указывает, что закон распределения числа месторождений от объема запасов не описывается стандартным (и обычно ожидаемым) нормальным законом распределения. Действительно, для месторождений углеводородов считается установленным [1, 2], что эмпирическое распределение числа крупных месторождений в зависимости от величины их запасов $N(V)$ может быть описано степенным законом. А именно, что число N месторождений с объемом запасов не менее V отвечает соотношению $N(V) \cong K \times V^{-\beta}$, где

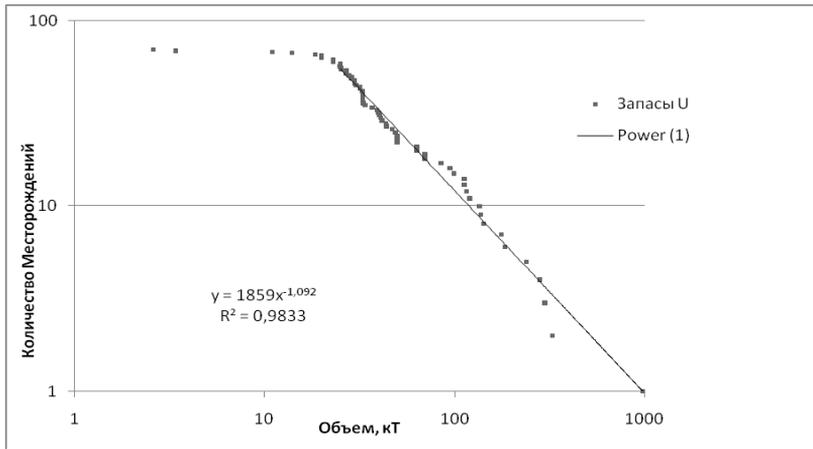


Рис. 1. Распределение месторождений урана в зависимости от объема запасов

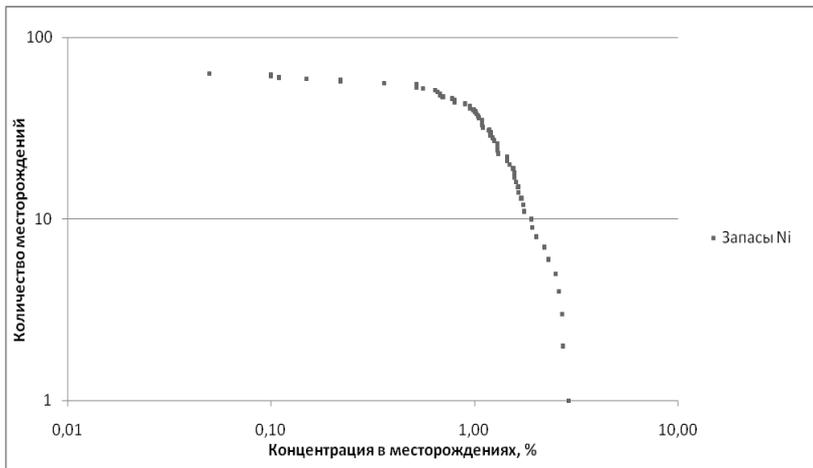


Рис. 2. Распределение концентраций Ni в месторождениях

Таблица 1. Рассчитанные коэффициенты β , определенные по формуле Хилла

Элемент	Коэффициент β	Комментарий
Ni	0.77±0.02	Хвост тяжелый с формально бесконечным средним
Fe	0.81±0.01	Хвост тяжелый с формально бесконечным средним
Mo	0.95±0.03	Хвост тяжелый с формально бесконечным средним
Cu	1.05±0.01	Хвост умеренно тяжелый с конечным средним
Алмаз	1.1±0.1	Хвост умеренно тяжелый с конечным средним
U	1.09±0.03	Хвост умеренно тяжелый с конечным средним
Au	1.15±0.02	Хвост умеренно тяжелый с конечным средним
Pb	1.17±0.03	Хвост менее тяжелый с заведомо конечным средним

K – некий коэффициент, β – показатель степени распределения, при этом значение β весьма часто оказывается близким к единице [3]. Причем такой степенной закон распределения выполняется настолько хорошо, что иногда используется для

прогноза числа неоткрытых месторождений разного ранга. Высокая концентрация запасов в небольшом числе месторождений указывает на неравновесный, динамический, характер процессов формирования месторождений.

Существуют указания, что подобная степенная зависимость выполняется также и для рудных месторождений [4]. Нами решалась задача уточнения закона распределения числа рудных месторождений в зависимости от объема их запасов.

Для выполнения работы были использованы данные ГИС «Крупные и суперкрупные месторождения» [5], на основании которой была сформирована база данных по запасам и концентрациям ископаемых в крупных и суперкрупных рудных месторождениях. Среди множества рудных компонент были выделены два десятка наиболее часто встречающихся (по представленным в упомянутой ГИС мировым данным). Для каждого из них была предпринята попытка охарактеризовать закон распределения объемов запасов этих месторождений.

Будучи представлены в линейных координатах точки, отвечающие крупным и суперкрупным месторождениям, как правило, оказываются на ранговом графике изолированными, что иногда трактуется как указание на особый характер процессов, приводящих к формированию именно крупных и суперкрупных месторождений. Однако при использовании двойных лог-лог координат, получаемый ранговый график оказывается непрерывным (пример представлен на рис. 1), что указывает на однотипность характера процессов, приводящих к формированию месторождений разного ранга. По данным рисунков были рассчитаны (по формуле Хилла [6, 7]) величины показателя степени распределения для разных типов месторождений. Полученные результаты для коэффициента β , так же, как и для углеводородных месторождений [1-3], обычно близки к единице. Значения большие и меньшие единицы говорят о меньшей или, соответственно, большей концентрации величин запасов в малом числе крупных (и суперкрупных) месторождений. Значения показателя меньшие единицы (см. табл. 1) отвечают формально бесконечным средним значениям величин запасов. Распределение концентраций в месторождениях явным образом отличается от степенного и, согласно [4, 8], отвечает логнормальному закону распределения.

Автор благодарен М.В. Родкину (ГЦ РАН) за постановку задачи и консультации в процессе ее выполнения и Е.М. Граевой (ГЦ РАН) за сотрудничество при формировании массивов данных, использованных для расчетов.

Литература

1. *Бурштейн Л.М.* Статистические оценки параметров распределения скоплений нефти по величине в слабоизученных седиментационных бассейнах // Геология и геофизика. 2006. Т. 47. №9. С.1013-1023.
2. *Родкин М.В.* Степенное распределение запасов УВ в месторождениях: модели генерации и связь с процессами восполнения запасов в разрабатываемых месторождениях // Генезис углеводородных флюидов и месторождений. М.: ГЕОС, 2006. С. 84-92.
3. *Конторович А.Э., Демин В.И., Страхов И.А.* Закономерности выявления различных по запасам месторождений нефти и газа в нефтегазоносных бассейнах // Геология и геофизика. 1985. №11. С. 3-16.
4. *Turcotte D.L.* Fractals and chaos in geology and geophysics. Cambridge, 1997. P. 398.
5. *Ткачев А.В., Рундквист Д.В., Черкасов С.В., Вишневская Н.В. и др.* База данных крупных и суперкрупных месторождений мира // Крупные и суперкрупные месторождения рудных полезных ископаемых. ИГЕМ РАН, 2006. Т. 1. С. 21-49.

6. Писаренко В.Ф., Родкин М.В. Распределения с тяжелыми хвостами: приложения к анализу катастроф // Вычислительная сейсмология. Вып. 38. М.: ГЕОС, 2007. 242 с.

7. Hill B.M. A simple general approach to inference about the tail of distributions. / B.M. Hill // Ann. Statistics. 1975. V. 3. P. 1163-1174.

8. Родкин М.В., Зотов И.А., Граева Е.М., Лабунцова Л.М., Шатахян А.Р. Степенные распределения в рудо- и нефтегенезе – интерпретация и порождающие механизмы // Российский журнал наук о Земле. 2010. Т. 11. №3. [doi:10.2205/2009ES00040]

О СВЯЗИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ТЕКТОНИЧЕСКИХ РАЗЛОМОВ С ОРОГЕНЕЗОМ, ДЕГАЗАЦИЕЙ ЗЕМЛИ И НЕТРАДИЦИОННЫЙ СПОСОБ ОБЪЯСНЕНИЯ ЭТОЙ ПРИУРОЧЕННОСТИ

А.В. Шестопалов

УРАН ИПКОН РАН; 111020 Москва, Крюковский тупик, 4, sinergo@mail.ru

Low depth rock mechanics which is involved in processes of spontaneous rockmass end part failure maybe considered as a new field for synergetics application. This theory has been referred to as "mechano-dynamics" and its application has been expanded to all power sources of different nature which flows are capable of producing mechanical pressure.

Как известно, идея о связи процессов нефтегазонакопления с амагматической «холодной» углеводородной ветвью глобальной дегазации Земли была сформулирована П.Н. Кропоткиным в 1955 году и, по моему мнению, настоящая статья является продолжением развития его идей. Шесть предыдущих конференций по проблеме «Дегазации Земли» существенно развили и продвинули его ученье, однако не дали ответа, как мне кажется, на основной вопрос – откуда берется вещество которое затем поднимается на дневную поверхность.

Автор этой статьи уже более 30 лет в науке и отдает себе отчет, что заявление, сделанное им на прошлой конференции о том, что нет никакой дегазации Земли, а есть генерация химических элементов на острие растущих тектонических разломов – очень сильное и должно быть хорошо обоснованным. Я бы не занимал время уважаемых коллег, если бы не «просидел» 7 лет в шахте, проводя различные исследования газодинамики угольных пластов, и не видел массив горных пород под землей на больших (1 км) глубинах. Возможно, поэтому мне повезло заметить то, что даже и в голову мне не пришло бы, если я был бы всю жизнь на дневной поверхности. Начиная примерно с глубины 500 метров (на разных шахтах по-разному, плюс минус 100 метров), начинает проявляться саморазрушение краевой части горного массива. Это глубины, начиная с которых в геомеханике под горным давлением начинают понимать не вес вышележащих пород, а некую силу, действующую из массива в выработку практически одинаково во всех направлениях: из кровли; из боковых стенок (забоя); из почвы, т.е. в том числе и снизу вверх (навстречу упомянутому весу вышележащих пород). Техногенные трещины это не та трещиноватость (природная), которую традиционно изучает геология (раскрывающиеся или подрастающие природные трещины). Это новые, наведенные горной выработкой, трещины, растущие только скачкообразно практически мгновенно с околосзвуковыми скоростями.

Аналогом орогенеза над вертикальными тектоническими разломами, по моему мнению, является пучение пород почвы, а иногда и их внезапное поднятие в виде горного удара.

Проблеме динамических (ДЯ) и газодинамических явлений (ГДЯ) в шахтах и рудниках более ста лет, а угольного метана еще больше. В рамках общепринятых представлений проблема и сегодня не решена, о чем свидетельствуют непрекращающиеся взрывы метана в угольных шахтах. На протяжении многих лет геологи пытаются подсказать геомеханикам, что метан может поступать из мантии Земли. Однако многочисленные шахтные эксперименты и опыт ведения горных работ этого не подтверждает. Например, известно, что газообильность выработок зависит от скорости подвигания очистного забоя. Если бы рудничные газы поступали бы из мантии, то скорость подвигания не влияла бы на газообильность, а главное, газ проявлялся бы всегда не зависимо от глубины разработки. В действительности имеем то, что одни и те же угольные пласты на малых глубинах метан никогда не выделяют, а на больших выделяют всегда.

При переходе на глубины, где начинает проявляться саморазрушение, исследователи, занимающиеся дегазацией, отмечают, что она становится качественно непохожей на ту, которая была на малых глубинах. Угли начинают самовозгораться так же, начиная с этих глубин. Методика расчета охранных целиков в угольных пластах подразделяется на «до» и «после» 600 метров от дневной поверхности. Пропорциональный рост с глубиной диаметра охранный целика вокруг вертикального ствола, предписанный академиком Л.Д. Шевяковым, не выполняется и на интервале глубин 400–600 метров резко возрастает. При этом угольные пласты, начиная с глубин ниже границы зоны газового выветривания абсолютно газонепроницаемы. Это следует из того, что в свое время, на разных шахтах на глубинах ниже границы зоны газового выветривания было пробурено большое количество скважин для измерения давления газа в угольных пластах, установленные на них манометры никогда не показывали одно и то же давление для конкретного пласта ни через день, ни через месяц, ни через год. То есть сообщающиеся сосуды (скважины) на самом деле между собой не сообщаются. В тоже время в горных выработках полно воды, которая может выделяться с любой поверхности обнажения, в том числе и из угольных пластов. То есть, не проникаемые для газа угольные пласты «проницаемы» для воды.

Газа при ГДЯ практически всегда выделяется на порядок больше, чем содержалось в угле по данным геологоразведки. Таким образом, остается единственным, что можно предположить в такой ситуации, это то, что газ, вода и проницаемость появляются одновременно. А так как в шахтах и рудниках никаких процессов, кроме процесса трещинообразования нет, то и возложить ответственность за генерацию химических соединений больше не на кого. Газ и вода должны, раз они есть, генерироваться на острие растущих трещин. В местах концентрации напряжений должны наступать условия, при которых дефекты всех масштабных уровней скачкообразно разворачиваются вдоль силовых линий горного давления, в результате чего должна появляться диффузионная сверхпроницаемость для протонов и электронов, которые образуют атомы, а те в свою очередь молекулы для выделяющихся из горного массива газов и флюидов.

В связи с вышеизложенным, представляется логичным предположение о протекании тех же процессов что и в шахтах, но уже в масштабе земной коры и вертикальных тектонических разломов. В рамках предлагаемой мной гипотезы

находят объяснения столбовидность месторождений нефти, иногда встречающиеся газовые месторождения под нефтяными, а сверху, может оказаться, еще и угольное месторождение. В связи с развитием микроскопии и интереса к природным нанообразованиям, исследователи увидели, что происхождение графита, алюминия, самородного золота и других металлов могло происходить из газовой фазы. В связи с концепцией растущей Земли, а следовательно признанием, что тектонические разломы постоянно углубляются, становится понятным предположение, что в разное геологическое время, на их острие («вершинах»), могли генерироваться разные химические элементы, происходил рудогенез или образовался атмосферный кислород Земли другого изотопа, отличного от того, который выделяют зеленые растения и фитопланктон.



Рис. 1

Механизм ГДЯ в краевой части разрабатываемого горного массива и механизм гейзера, вулканоида и вулкана в краевой части Земли (земной коре) – едины. Вулканы загораются тогда, когда вертикальный тектонический разлом начинает генерировать водород. При этом зона выплавки лавы находится в астеносфере.

В лаборатории на наковальнях Бриджмена, при одноосном нагружении с последующим поворотом, взрываются различные горные породы. При этом, если взрыва не происходит, то образец обводняется. В масштабах земной коры, реологический взрыв на острие тектонического разлома ощущается на дневной поверхности как землетрясение, при этом образуется месторождение природного газа. Неудавшийся из-за горно-геологических условий реологический взрыв на больших глубинах образует нефтяное месторождение, а на малых генерирует воду и образу-

ет водоносные горизонты. В масштабах горной выработки реологический взрыв проявляется в виде внезапных выбросов газа, угля, породы или горных ударов.

Современные геологические процессы, такие как гигантские оползни в горах или провалы в земной поверхности над горными выработками Верхнекамского месторождения калийно-магниевых и каменных солей в 1986 и 2006 гг. находят простое объяснение в рамках предлагаемой гипотезы холодного ядерного синтеза химических веществ на острие растущих трещин глубоко под землей. Не прибегая к механизму схода горной массы на газовой подушке, не возможно объяснить энергетику явления (выскакивание на соседний склон), почему горная масса не перемешивается, откуда берутся в огромном количестве глинистые горные породы и др. Что касается двух затопленных соляных рудников, то преждевременное разрушение охранных целиков можно объяснить генерацией воды растущими трещинами и последующим растворением ею соли. То есть расчет был сделан для сухой соли, а она оказалась мокрой, что и привело к потери устойчивости и разрушению целиков с образованием воронки выходящей на дневную поверхность (рис. 1).

Таким образом, разуплотнение геоматериала вызывает увеличение его объема и как следствие горообразование (пучение над тектоническими разломами). При этом нет дегазации Земли, а есть генерация (холодный ядерный синтез) газов и флюидов растущими тектоническими разломами и иллюзия поднятия этих газов и флюидов на дневную поверхность из мантии. Всего на эту тему у автора более 100 публикаций, которые доступны для скачивания на его сайте <http://www.shestopalov.org>.

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ УГЛЕВОДОРОДНЫХ РЕСУРСОВ И СТРАТЕГИЯ ПРОВЕДЕНИЯ НЕФТЕГАЗОПОИСКОВЫХ РАБОТ НА МОСКОВСКОЙ СИНЕКЛИЗЕ

Т.И. Шиловская, И.А. Шиловская, А.П. Шиловский

ИПНГ РАН, г. Москва

Moscow syncline hydrocarbon (HC) potential is non-yet-estimated mostly. Our investigations shows the existing as traditional HC snares of structural and tectonic types and vast trap covers of High Proterozoic and Paleozoic time which established regional seals for HC. Besides Moscow syncline area may become as a territory favourable for shale gas production of Redkinskaya formation sediments.

Московская синеклиза является крупнейшим осадочным бассейном, расположенным в пределах Восточно-Европейской платформы. Географическое положение, наличие двух-трехкилометровой осадочной толщи и, что особенно важно, наличие высокоразвитой промышленной инфраструктуры, являющейся потребителем энергоресурсов, привлекает к этому региону повышенное внимание.

Проведенные нами исследования показали, что в пределах синеклизы можно выделить участки, перспективы которых определяются наличием ловушек углеводородов (УВ) при этом источники УВ могут быть различного типа. В пределах синеклизы были выделены тектонически экранированные ловушки в песчаниках

риффея, рифогенные ловушки в карбонатных породах ордовика [1]. Особый интерес представляют выявленные в разрезе осадочной толщи верхнего протерозоя и палеозоя магматические образования. Состав и особенности развития их в разрезе осадочной толщи характерны для траппов [2]. Разведочное бурение скважин в осадочных отложениях с внедрением траппов, требует специфической методики бурения. Специфика бурения на территории, где в осадочной толще наблюдается внедрение магматических тел заключается в том, что бурение следует проектировать до вскрытия кровли архейского гранито-гнейсового фундамента. В то время как бурение скважин показало, что на юго-восточной окраине Восточно-Европейской платформы, на глубинах 1500–1800 м вскрыты кристаллические породы рассматривались в качестве выступов архейского фундамента. Бурение скважин обычно прекращалось в кровле магматических пород, которые принимаются за архейский фундамент. По результатам исследований, проведенных авторами, было установлено, что те структуры, которые на Восточно-Европейской платформе ныне считаются выступами архейского кристаллического фундамента, например, Токмовский свод, являются траппами девонского возраста [3]. При этом между подошвой девонских траппов и поверхностью архейского фундамента, залегающего, по результатам сейсмических исследований и бурения, на глубинах 2500–3000 м, повсеместно присутствуют отложения нижнего палеозоя и верхнего протерозоя. Толщина этих отложений достигает 2000 и более метров. Среди них присутствуют мощные прослои терригенных пород, обладающих хорошими коллекторскими свойствами. По керновым данным, открытая пористость коллекторов в этих отложениях может составлять ~20 %. Породы пропитаны нефтью. Измеренное методом ЛБА содержание в них битума «А» достигает 2.96 % [4]. Траппы при этом, обычно характеризующиеся высокой изоляционной способностью, служат надежными покрышками для расположенных под ними пород-коллекторов. Подобное строение ловушек УВ, в частности, отмечено в центральных, северных и юго-западных районах Тунгусской синеклизы, расположенной на Восточно-Сибирской платформе [5]. В настоящее время сибирские траппы хорошо изучены. Их площадь оценивается ~4 млн км², а установленная толщина отложений в отдельных местах превышает 1 км. Благодаря чему залегающие под траппами коллекторы предложено рассматривать в качестве весьма перспективных объектов для обнаружения крупных скоплений УВ. В отличие от сибирских траппов, давно открытых и хорошо изученных, в силу их непосредственного выхода на дневную поверхность, развитие траппов на Восточно-Европейской платформе до исследований авторов было неизвестно. Вследствие чего расположенные под толщей траппов осадочные породы-коллекторы не только не разведывались, но и в тех случаях, когда УВ из этих коллекторов через разломы в покрышке просачивались к поверхности, рассматривались как поступления нефти и газа из глубоких земных недр [6, 7]. Авторы полагают, что поиск УВ осадочных отложениях под траппами может оказаться весьма перспективным и опровергнет бытующие представления о бесперспективности этой огромной и, по существу, слабо изученной территории в отношении наличия промышленных скоплений нефти и газа. При проведении необходимых сейсмических работ и поискового разведочного бурения крупные скопления УВ могут быть обнаружены в осадочной толще, перекрытой девонскими траппами, на юго-востоке Восточно-Европейской платформы. Открытие подтрапповых залежей УВ в центре европейской части страны со сложившейся инфраструктурой потребления и пе-

переработки УВ позволит обеспечить значительный прирост запасов энергетических ресурсов и значительно уменьшить себестоимость последних, в том числе и за счет сокращения расходов на логистику.

Траппы служат надежными флюидоупорами для залежей в нижележащих осадочных отложениях [5]. Проведение нефтегазопроисловых работ на территории предполагаемого развития тектонически экранированных и рифогенных ловушек основано на разбурировании тектонических структур, выявленных сейсмическими методами. Коллекторская емкость вскрытых бурением толщ определяется промыслово-геофизическими методами. Выявленные нами магматические образования, которые до настоящего времени считаются выступами архейского гранито-гнейсового фундамента, по составу и особенности развития в разрезе характерны для траппов [3]. Траппы обладают высокой прочностью, темноокрашены, имеют кристаллическую структуру, обычно содержат кристаллы магнетита, что позволяет использовать магнитометрические методы для выявления их в разрезе. Разведка возможных скоплений УВ в разрезе, где предполагается развитие траппов, требует обязательное разбурирование магматических тел, имеющих основной состав, до вскрытия осадочных пород, как правило, залегающих между магматическим телом и гранитогнейсовым архейским фундаментом.

Еще одним источником углеводородных ресурсов именно на Московской синеклизе, где их добыча может оказаться экономически оправданной, по результатам исследований являются так называемые «черные сланцы» – аргиллиты редкинской свиты ведского возраста, имеющие распространение на всей территории. Редкинская свита, как источник «сланцевого газа» (метан) на Московской синеклизе представлена чередованием сероцветных песчаников от зелено-серых до черных, в средней части – бурых аргиллитов и алевролитов, в которых часты прослои, обогащенные пленками ОВ (содержание ОВ 0,5–4,5 %, сапропелевого характера, зрелость соответствует ГФН, до 1,2 % R⁰). Однако на территории зон охваченных трапповым магматизмом зрелость РОВ будет значительно выше. Кровля редкинской свиты залегает на глубинах до 2000 м, в то время как на западной окраине – глубина залегания до 800 м. На севере, на берегу Белого моря отложения редкинской свиты выходят на поверхность. Средняя толщина свиты примерно 200 м. Для оценки потенциала генерации «сланцевого» газа и разработки технологии добычи необходима постановка целевой программы детальной разведки этих отложений сейсмическими методами и разведочным бурением.

Литература

1. *Шиловский А.П., Шиловская Т.И., Баренбаум А.А.* Новые подходы к стратегии поисков нефтегазовых месторождений // Международная конференция «Дегазация Земли: геофлюиды, нефть и газ, парагенезисы в системе горючих ископаемых». М.: ГЕОС, 2006. С. 285-288.
2. *Шиловский А.П.* Траппы на Восточно-Европейской платформе // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2009. №8. С. 11-13.
3. *Шиловская Т.И., Шиловский А.П.* Перспективы обнаружения залежей углеводородов в додевонских отложениях восточной окраины Московской синеклизы // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2010. № 3. С. 11-13.
4. *Шиловская Т.И., Шиловский А.П.* Новые данные о литологии, стратиграфии и тектонике верхнепротерозойских и палеозойских отложений восточной окраины Московской

синеклизы // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2008. № 7. С. 4-7.

5. Трапповый магматизм древних платформ в связи с нефтегазоносностью / Ю.Г. Такаев, В.А. Зорькина, А.И. Панов и др. М., 1983 (Обзор ВИЭМС. сер. «Геология и методы поисков и разведки месторождений нефти и газа»).

6. Трофимов В.А., Корчагин В.И. Нефтеподводящие каналы: пространственное положение, методы их обнаружения и способы их активизации // Георесурсы. 2002. №1. С. 18-23.

7. Муслимов Р.Х. Определяющая роль фундамента осадочных бассейнов в формировании, постоянной подпитке (возобновлении) месторождений углеводородов // Нефтяное хозяйство. 2007. №3. С. 23-29.

РОЛЬ ЭНДОГЕННОГО ФАКТОРА В ФОРМИРОВАНИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ-ГИГАНТОВ УГЛЕВОДОРОДОВ ВОСТОЧНО-БАРЕНЦЕВСКОГО БАСЕЙНА

Э.В. Шипилов

ММБИ КНЦ РАН, Мурманск, Россия, ship@polarcom.ru

Tectonic-magmatic conditions of forming group anticlinal structures which connect with gigantic and large-scale hydrocarbon deposits in East-Barents basin – Stockman, Ledovoe, Ludlov are considered.

Восточно-Баренцевский мегабассейн в тектоническом отношении представляет собой протяженную (около 1400 км) клинообразную (с размерами в поперечнике от около 500 до 300 км) структуру, пересекающую Западно-Арктическую окраинно-континентальную платформу с севера на юг и утыкающуюся в систему перикратонных опусканий Восточно-Европейской платформы. Мощность его палеозойско-мезойского осадочного выполнения по комплексу геолого-геофизических данных может превышать 20 км.

В южной половине мегабассейна открыто пять месторождений УВ, причем, только газоконденсатных и газовых. Два газовых месторождения – Мурманское (по запасам относится к крупным) и Северо-Кильдинское (по запасам – среднее) расположены на юго-западной периферии Южно-Баренцевской впадины в пределах бортовых или прибортовых зон. Продуктивными являются триасовые отложения. Другая группа месторождений связана с, так называемым, Штокманско-Лунинским порогом (поднятием), разделяющим Южно- и Северо-Баренцевскую впадины. Газоконденсатные месторождения Штокманское и Ледовое относятся к уникальным по запасам, а Лудловское газовое месторождение – к крупным. Продуктивными здесь являются юрские отложения. Нефтегазоматеринскими породами, как для первой группы, так и для второй, служат, как считается, пермско-триасовые отложения, а для последней, возможно, и нижнеюрские, гумусовые и сапропелевые по содержанию органического вещества.

Особый интерес вызывает вторая группа месторождений, расположенная в приподнятой зоне между двумя впадинами, – как с экономической точки зрения,

так и с геологических позиций в плане дальнейших поисков аналогов и выяснения набора факторов, ответственных за их формирование.

Каковы, в этой связи, определяющие особенности геологического строения присущие месторождениям Штокманско-Лунинского поднятия, обусловившие концентрацию гигантских УВ скоплений?

Все антиклинальные локальные структуры-ловушки, с которыми связаны месторождения УВ, довольно отчетливо выражены как в меловых и триасовых отложениях, так и в рельефе кровли юрских образований (отражающий сейсмический горизонт В) с амплитудами около 100–200 м. Они изометричны в плане и по замкнутым изогипсам характеризуются площадью от 500 до 1500 км². Простирание складок Штокманского и Ледового месторождений северо-восточное, а Лудловского – субширотное. В этой связи следует заметить, что в структурном плане кровли юрских отложений Штокманско-Лунинского поднятия преобладает система частых нарушений северо-западного простирания, совпадающая с направлением Байдарацкой зоны разломов с лево-сдвиговой компонентой, тогда как нарушения северо-восточной ориентировки играют явно подчиненное значение. Изучение строения бассейна показывает, что как те, так и другие связаны с разломами глубинного уровня заложения либо опережают их.

Продуктивность связана с песчано-алевритовыми породами среднекембрийского, байоского и ааленского возраста. Залежи всех трех месторождений пластово-сводовые и в разрезе изолированы друг от друга толщами глин. Мощность продуктивных горизонтов изменяется от 12–50 м на Ледовом месторождении, до 30–40 м на Лудловском и достигает 80–90 м на Штокманском. При этом максимальная пористость коллекторов составляет, соответственно, 17–21 %, 25–27 % и 19–27 %.

Газ всех продуктивных толщ в целом однотипен по составу. Так, газ Штокманского месторождения по составу компонентов является метановым (92,4–96,3 %), низкоазотным (1,7–2,5 %), бессернистым, низкоуглекислым (0,2–0,7 %), низкогелиеносным (0,017 %). Сверху вниз по разрезу месторождения отмечается утяжеление газа (0,578–0,605 г/см³). Конденсат малосмолистый, малосернистый с плотностью 0,79–0,8 г/см³ на Ледовом месторождении и до 0,82 г/см³ на Штокманском.

Сравнивая строение этих трех месторождений, можно заметить, что в северном направлении происходит усложнение их структуры за счет тектонической нарушенности. В этой связи наблюдается не только усложнение строения самих залежей, но и ухудшение качества регионального неокемского флюидоупора, представленного аргиллитистыми породами мощностью около 60 м.

Перечисленные характеристики и параметры, в том или ином виде, фигурируют в качестве главных показателей определяющих масштабы месторождений УВ. В представленной работе акцентируется внимание на тектоно-геодинамической стороне проблемы.

Обычно, при характеристике и иллюстрации строения месторождения рассматриваются лишь комплексы пород, которые вскрыты бурением. Ниже залегающая часть разреза, уже после открытия месторождений, хотя и освещенная сейсморазведкой, чаще всего выпадает из поля зрения. А между тем, судя по материалам МОВ ОГТ, антиклинальные поднятия отмеченных выше месторождений не имеют соответствия в подстилающих допозднетриасовых отложениях. Опорные отражающие горизонты, относимые к средне-верхне-палеозойскому комплексу под рассматриваемыми структурами, залегают субгоризонтально либо моноклиально. При этом видимого углового несогласия между верхнепалеозойскими

и мезозойскими отложениями не зафиксировано. Вместе с тем на сводовых частях рассматриваемых структур отмечаются следы размыва, начавшегося, по меньшей мере, в конце юры – начале мела, а возможно, и несколько ранее. Это, вне сомнения, свидетельствует о том, что к позднеюрско-раннемеловому времени (неоком) в структурном плане эти поднятия уже существовали и продолжали расти. Если это так, тогда можно говорить о том, что с этого периода началось формирование месторождений и заполнение ловушек УВ флюидами.

В связи с отмеченными сейсмостратиграфическими особенностями разреза в отношении генезиса рассматриваемых выше крупнейших структурных ловушек УВ флюидов сложились представления как о бескорневых. В одних случаях причиной их формирования называлась специфика условий седиментации, в других – тангенциальное воздействие затухающего фронта надвигообразования со стороны Новоземельского орогена.

Сейсмостратиграфический анализ показывает, что в комплексах осадочного чехла Восточно-Баренцевского мегабассейна широким развитием пользуются специфические отражающие горизонты геологическая природа которых долгое время была неясной. Их изучение и последующее бурение установили магматическую природу аномальной сейсмической записи, обусловленной пластовыми интрузиями основного состава. Среди них преобладают пакеты силлов. Ареал проявления этого базальтоидного магматизма охватывает архипелаги Шпицберген и Земля Франца-Иосифа и прилегающий к ним шельф. По геолого-геофизическим данным базальтовые интрузии насыщают разрез терригенных отложений и в плане прослеживаются в виде языка далеко на юг вдоль Восточно-Баренцевского мегабассейна. На сейсмических разрезах достаточно отчетливо наблюдается как с юга (Южно-Баренцевская впадина) на север, полоса интрузивных базальтоидных тел занимает все более высокие стратиграфические и гипсометрические уровни в разрезе осадочного чехла (от пермско-триасового до нижнемелового), вплоть до выхода на экзарационную поверхность дна моря на шельфе архипелага Земля Франца-Иосифа. На последнем и архипелаге Шпицберген пластовые тела базальтоидов вскрыты рядом скважин, причем их число в разрезе может достигать нескольких десятков.

Многочисленные тела силлов в триасовых отложениях отмечаются на сейсмических разрезах пересекающих Штокманско-Лунинский порог и в том числе и под локальными структурами месторождений УВ – Штокманским, Ледовым и Лудловским. Под этими антиклинальными поднятиями пакеты силлов образуют как бы подушкообразные раздувы за счет увеличения числа пластовых тел. Судя по результатам бурения на архипелагах Земля Франца-Иосифа и Шпицберген, толщина пластовых тел базальтов может колебаться от нескольких до десятков метров. Тогда, учитывая их число, суммарная мощность базальтовых прослоев примерно соответствует амплитуде рассматриваемых локальных поднятий по кровле юры. Условия залегания отдельных тел силлов различны: иногда они залегают согласно с вмещающими породами, чаще несогласно, пересекая различные стратиграфические уровни осадочного чехла. Бурением на Лудловской структуре были вскрыты два самых верхних пласта габбро-диабазов, залегающих в среднем триасе. Определение их абсолютного возраста К-Аг методом показало, что они принадлежат разным генерациям: верхний силл имеет возраст 131–139 млн лет, а нижний – 159 млн лет. Новейшие определения абсолютного возраста образцов пород трапповой формации, отобранных нами на островах Земли

Франца-Иосифа, $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ методом показали более широкий разброс его значений – от 125 до 189 млн лет.

Таким образом, результаты сейсмостратиграфического анализа и определения возраста проявлений базальтоидного магматизма с большой вероятностью указывают на то, что формирование и рост локальных структур рассматриваемых месторождений УВ и процесс интрузивной деятельности происходили практически одновременно. Не исключено, что некоторые неоднородности осадочного чехла, впрочем, как и сам Штокманско-Лунинского порог, могли возникнуть под воздействием инерционного фронта надвигообразования со стороны Новоземельского пояса и впоследствии, как подготовленные формы, были интродуцированы телами силлов.

Изложенное позволяет констатировать, что юрско-меловой тектономагматический этап имел определяющее значение в создании условий для размещения месторождений, а, следовательно, и УВ потенциала Штокманско-Лунинского поднятия. Это дает основание считать, что: 1) для рассматриваемых антиклинальных структур, к которым приурочены гигантские газоконденсатные месторождения, причиной формирования являлся тектономагматический фактор, т.е. внедрение силлов; 2) преобладающий фазовый состав флюидов указанных месторождений и их громадный по запасам потенциал, в отличие от других нефтегазоносных структур Баренцевского региона, во многом определялся влиянием процессов базальтоидного магматизма на газогенерационные свойства вмещающих пород позднепермско-триасового и более древнего возраста; 3) магмоподводящие каналы и разломы могли служить активными каналами миграции УВ флюидов, участвуя в «подкачке» и заполнении структурных ловушек; 4) учитывая широкое развитие пластовых тел базальтов в плане и по разрезу, они могли быть промежуточными флюидоупорами для УВ, что не исключает возможности обнаружения месторождений-спутников, в том числе с зонами аномально высоких пластовых давлений.

ТРЕБОВАНИЯ К ПОГРУЖНЫМ НАСОСАМ И ПРИМЕНЕНИЯ «НЕФТЯНЫХ» ТЕХНОЛОГИЙ В СКВАЖИНАХ ПО ДОБЫЧЕ МЕТАНА ИЗ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

Д.А. Широков

ОАО «Газпром промгаз», РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина

During the methane extraction from coal layers the main obstacle of the gas seep from layers is formation water. For its pump job from the deviating holes, which are built on the perspective areas in Kuzbass, various types of installations submersible pumps can be used, including rod (rod traveling barrel and screw) and actuated (centrifugal and screw) pumps.

Многолетний зарубежный опыт добычи метана из угольных пластов подтверждает, что характерной особенностью практически всех скважин для добычи метана из угольных пластов является необходимость в принудительном извлечении пластовой воды на поверхность при помощи тех или иных технических средств. Чаще всего для этой цели используются различные типы погружных

насосов, спускаемых в ствол скважин на лифтовой колонне. Рассмотрим газлифтный и насосные способы откачки жидкости.

Газлифтный способ отбора пластовой воды из скважин для добычи метана из угольных пластов применять целесообразно только в случае невозможности использования других способов подъема пластовой воды. Это связано с низким КПД газлифтной системы (не более 10–12 %), большими капитальными (строительство компрессорных станций, установок сепарации и подготовки газа, трубопроводных систем высокого давления, стоимость скважинного оборудования) и эксплуатационными (электроэнергия, внешние источники газа, ремонтные и сервисные работы на компрессорных станциях и трубопроводных системах) затратами [1].

Наиболее часто используемыми насосными способами откачки жидкости являются: УЭЦН, УЭВН, УЭДН, СШНУ, ШВНУ, УДШН и ГНУ. Рассмотрим преимущества и недостатки каждого типа оборудования для откачки жидкости из скважин для добычи метана из угольных пластов.

УЭЦН (рис. 1) имеют гибкую характеристику, хорошо подстраиваемую к изменяемым условиям работы скважин для добычи метана из угольных пластов.

УЭЦН не требуют сложного и дорогого наземного оборудования. Наземное оборудование УЭЦН не требует постоянного обслуживания, имеет малую массу и возможность быстрого перемещения от одного объекта к другому.

Современные станции управления УЭЦН позволяют не только проводить диагностику состояния системы «пласт – скважина – насосная установка», но и адаптировать характеристику УЭЦН к изменяющейся обстановке [2].

УЭЦН может использоваться в вертикальных, в наклонно-направленных, искривленных и горизонтальных скважинах. Ограничением использования УЭЦН в искривленных скважинах может служить максимальная деформация установки, при которой еще не происходит деформация, приводящая к быстрому износу и выходу оборудования из строя. По техническим условиям фирм-производителей УЭЦН максимальный темп набора кривизны в месте размещения оборудования не должен превышать 3 минуты на 10 м, однако расчеты показывают, что при определенных соотношениях между диаметральными и осевыми размерами эксплуатационной колонны и УЭЦН темп набора кривизны, при котором оборудование будет надежно и эффективно работать, может составлять и 10, и 30 минут на 10 м проходки.

Установки ЭЦН при дебитах свыше 200 м³/сутки имеют самый высокий КПД среди серийно выпускаемых скважинных насосных установок, что обеспечивает минимальные эксплуатационные затраты при откачке воды из скважин для добычи метана из угольных пластов.

Фирмы-изготовители поставляют УЭЦН комплектно, что повышает их надежность и эффективность. Основные фирмы-производители УЭЦН имеют мощные сервисные центры, которые обеспечивают поставку, внедрение, вывод на режим, обслуживание, гарантийный и послегарантийный ремонт оборудования.

Стандартные установки электроприводных винтовых насосов могут успешно применяться для откачки пластовой воды из вертикальных, искривленных, наклонно-направленных и горизонтальных скважин при температуре пластовой воды до 70 °С и содержании механических примесей (угольной пыли, песка, окалины и т.д.) до 0,4 г/л. При этом подача воды не должна превышать 250 м³/сутки [2].

Возможности применения установок электроприводных диафрагменных насосов (УЭДН) для отбора воды из скважин для добычи метана из угольных пластов не рассматривались в связи со следующими соображениями:

- стандартные УЭДН выпускаются на подачи до $20 \text{ м}^3/\text{сутки}$, что значительно меньше, чем планируемые отборы воды из скважин;
- стандартные УЭДН не могут работать при наличии свободного газа в откачиваемой жидкости в количестве более 10 %, что нереально при дегазации угольных месторождений [2].

Стандартные установки скважинных штанговых насосов могут успешно применяться для откачки пластовой воды из вертикальных, искривленных, наклонно-направленных и горизонтальных скважин при следующих условиях:

- Угол отклонения оси скважины от вертикали в месте установки штангового насоса – не более 40° ;
- Темп набора кривизны по длине скважины – не более $1,5^\circ$ на 10 м проходки;
- Количество механических примесей в откачиваемой воде – не более 1,5 г/литр;
- Максимальный дебит по жидкости при глубине подвески насоса в 1000 м составляет:
 - для механического средне ходового привода – до $100 \text{ м}^3/\text{сутки}$;
 - для длинноходового привода мачтового типа или цепного привода – до $300 \text{ м}^3/\text{сутки}$;
- Температура пластовой воды – до 130°C .
- Для увеличения эффективности работы скважинных штанговых насосных установок рекомендуется использовать не плунжерные, а поршневые штанговые насосы.

- Для увеличения сроков службы штанговых колонн рекомендуется использовать даже в вертикальных скважинах штанговые центраторы скольжения или качения. Для некоторых условий эксплуатации рекомендуется применять комбинированные колонны штанг – нижняя часть (до 30 %) – стеклопластиковые штанги, верхняя – стальные штанги.

- Для обеспечения больших дебитов (свыше $100 \text{ м}^3/\text{сутки}$) рекомендуется применять непрерывные канатные штанги в сочетании с длинно ходовыми механическими приводами и длинно ходовыми поршневыми насосами [3].

Применение стандартных гидроприводных насосных установок (гидропоршневых и струйных) для откачки пластовой воды из наклонно-направленных скважин для добычи метана из угольных пластов технически возможно, но вряд ли целесообразно по следующим причинам:

- Большая масса, занимаемая площадь, высокая стоимость и большие затраты на эксплуатацию наземного оборудования.
- Необходимость использования в скважине либо двух колонн НКТ (большая металлоемкость и стоимость), либо одной колонны НКТ с пакером (проблемы с исследованиями скважин и невозможность отбора газа из под пакера).
- Необходимость постоянной подачи в рабочую жидкость химических добавок для обеспечения её незамерзания в зимний период, для устранения возможности образования гидратных пробок, для обеспечения смазывающей способности при использовании гидропоршневых насосных агрегатов.
- Достаточно низкий общий КПД гидроприводных насосных установок, особенно при использовании струйных скважинных насосов, который может опус-

каться до 5–7 % (КПД приводного электродвигателя 0,85; КПД силового наземного насоса – 0,75; КПД системы подготовки рабочей жидкости – 0,9; КПД циркуляционной системы – 0,9; КПД струйного насоса – 0,2. При этом максимальный общий КПД = $0,85 \times 0,75 \times 0,9 \times 0,9 \times 0,2 = 0,1033$)[4].

Из перечисленного выше можно сделать следующие выводы:

Для подъема значительным объемам (до 300–500 м³/сутки) пластовой воды из углетановых вертикальных и наклонно-направленных скважин с глубинами до 1000 м наиболее подходят по технико-экономическим показателям три вида скважинного насосного оборудования:

- Установки электроприводных центробежных насосов (УЭЦН).
- Установки штанговых винтовых насосов (УШВН).

Установки длинноходовых штанговых насосов с мачтовыми или цепными приводами (УДШН).

Все указанные установки имеют примерно равные КПД и отличаются, в первую очередь, наличием или отсутствием сложного наземного оборудования, требующего постоянного обслуживания. При необходимости уменьшения затрат на обслуживание наземного оборудования предпочтительнее выглядят УЭЦН, однако их подземный ремонт и обслуживание погружного агрегата и кабеля требуют создания соответствующей инфраструктуры. Использование установок с поверхностным приводом (УШВН и УДШН) приводит к увеличению эксплуатационных затрат на обслуживание, но снижает затраты на проведение подземных ремонтов и ремонтные работы, связанные с погружным оборудованием.

Определение конкретных типоразмеров наземного и скважинного оборудования для откачки пластовой воды из скважин для добычи метана из угольных пластов, для соответствующих условий эксплуатации рекомендуется проводить с помощью специальных программ подбора и оптимизации работы оборудования. Применение такой программы обеспечит наиболее точный подбор оборудования и его рабочих параметров и снижение издержек, связанных с капитальными и эксплуатационными затратами.

Литература

1. Ивановский В.Н., Дарищев В.И., Капитанов В.С. и др. Учебник для ВУЗов «Нефтегазопромышленное оборудование». М.: ЦЕНТЛитНефтеГаз, 2006.
2. Ивановский В.Н., Дарищев В.И., Капитанов В.С. и др. Учебное пособие для ВУЗов «Оборудование для добычи нефти и газа». М.: Нефть и газ, 2002. Часть I
3. Ивановский В.Н., Дарищев В.И., Капитанов В.С. и др. Учебное пособие для ВУЗов «Оборудование для добычи нефти и газа». М.: Нефть и газ, 2003. Часть II.

НЕФТЕ-ГАЗОВЫЕ КОНЦЕНТРАЦИИ И ФОСФОРИТЫ – ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ И ГЕНЕТИЧЕСКИЕ СООТНОШЕНИЯ

Э.Л. Школьник¹, Е.А. Жегалло², Ф.С. Оксенгорн³, Э.А. Еганов⁴

¹Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, 690022 Владивосток, проспект 100-летия Владивостока, 159;

²Палеонтологический институт им. А.А.Борисяка РАН, Москва, Профсоюзная ул. 123;

³ООО "Геосейсм," 693000 Южно-Сахалинск, ул. Северная, 56;

⁴Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, 630090 Новосибирск, проспект академика Коптюга, 3.

The paper represents results of study of phosphorites in oil-source and gas-source deposits of various age and spatial position on Sakhalin. A SEM study revealed that homotypic organic remains participate in the composition of the phosphorites and enclosing sediments. The organic remains undergone a similar transformation, but only in phosphorites they are replaced by calcium phosphate. These indicate that both the phosphorites and the enclosing oil-source and gas-source deposits were subjected by similar processes of transformation of the original biogenic sediments without income of any additional components.

Сопоставление основных геологических условий формирования фосфоритов и нефтегазовых концентраций (НГК) весьма интересно, тем более что в некоторых аспектах они могут приводить к определенному анализу природных ситуаций, обычно не привлекающих внимание, судя по отсутствующей литературе по этой проблеме. Не так уж часто фосфориты и НГК пространственно тесно ассоциируют. Но это достоверно известно для севера о. Сахалин, для востока США (1, 2). Менее они характерны для северных районов Египта, отчасти Алжира и Марокко, ряда других стран.

Формирование морских фосфоритов, как установлено в последние десятилетия, происходит только по достаточно концентрированным скоплениям самых разных органических остатков – от прокариотных до эукариотных. В таких осадках происходит распад мягких тканей, с накоплением фосфатов, которые интенсивно реплицируют органические остатки с сохранением тончайших деталей их биологических структур, которые можно видеть в сканирующем электронном микроскопе (СЭМ). При этом содержания Сорг. в таких породах могут достигать 10–20 %, что явно говорит, по крайней мере, об их незначительном окислении. С другой стороны, для формирования по модели органического происхождения НГК представляется необходимым обогащение осадков биологическими продуктами, прежде всего прокариотного типа. Если это так, то почему не происходит при этом и фосфатизация? Нам пришлось изучать породы с развитием и фосфоритов, и НГК на о. Сахалин. Вначале были изучены породы нижне-среднемиоценовой нефте-материнской пильской свиты на северном побережье, в которой развиты фосфатопроявления ранее изучавшиеся сотрудниками ДВ геологического управления, другими специалистами (1, 2, 4). С использованием СЭМ было установлено, что фосфориты преимущественно сложены остатками диатомей, реже фораминифер, радиолярий, спикулами губок (4). Но в значительной степени они разрушены массово развитой микробной биотой – кокковидными, палочковидными, реже нитчатыми формами. При этом все органические остатки интенсивно фосфатизированы. Вмещающие породы сложены теми же органическими остатками, охваченными массовым разрушением бактериями, но без признаков фосфатизации. Диатомовые замещаются глауконитом, широко развит фрамбоидальный пирит, рассматриваемый, как диагнетическое новообразование по колониям серных бактерий.

Для сравнения с другими нефтематеринскими свитами о. Сахалина затем были изучены 3 образца из скважин: первый из верхнеолигоценной пиленгской свиты в Пограничном прогибе; второй – из нее же вблизи контакта с перекрыва-

ющей борской свитой в Лунском прогибе и третий – из курасийской свиты у г. Красногорска в северной части Южного Сахалина.

Первый отобран при структурном бурении на Борской площади, с глубин 596–601 м. Свита имеет здесь мощность 400–600 м, состоит из переслаивания кремнистых и кремнисто-глинистых пород с редкими карбонатными, глинисто-карбонатными конкрециями. Здесь она согласно перекрыта миоценовой борской свитой, составляющей с пиленгской единый продуктивный горизонт. Притоки из нее низкие вследствие крайне низкой трещиноватости, но на северном замыкании прогиба, по р. Керосинной более 60 лет известны нефтепроявления из выходов свиты.

Второй образец отобран с глубины 2475–2480 м. К востоку от скважины имеется прецедент нефтеносности из слоев пиленгской свиты и низов борской свиты на Полярнинской структуре с притоками более 10 м³/сут.

Последний образец взят с интервала глубин 2449–2454 м. В акватории Татарского пролива в верхней части свиты – низах перекрывающей маруямской свиты отмечена нефтенасыщенность. Никаких указаний о фосфатоносности этих отложений не было. В результате аналогичного изучения установлено присутствие в породах большого количества органических остатков, преимущественно диатомовых, погруженных в основную массу, сложенную аналогичными микробиальными остатками. Но относительно реже встречаются и шаровидные формы до 60 мкм в поперечнике, сложенные фосфатом. Их нет только в 3 образце. Во всех образцах много фрамбоидального пирита. Таким образом, целый ряд нефтегазодержащих нефтематеринских отложений разного возраста на значительно удаленных участках острова, представлены планктоногенными накоплениями микробиально интенсивно разрушенными. При этом они часто несут фосфатную, явно разновозрастную минерализацию, когда фосфатом замещаются те же органические остатки. На острове известен еще ряд фосфатопроявлений в нефтегазодержащих отложениях, например, в междуречье Нутово-Гаромай, где были нефтяные озера, вследствие чего и было начато вообще изучение нефтегазоносности острова. В результате становится ясным, что фосфатизация и НГК – это вполне сопряженные пространственно и отчасти генетически процессы. Они могут развиваться только в участках значительного скопления органических остатков, причем, как ясно теперь, развиваться даже пространственно сближено. Они одинаково эффективно могут реализоваться и по планктоногенным осадкам. Например, на многих подводных горах океана присутствуют фосфориты, образованные по нано-фораминиферовым илам, а современные фосфориты на шельфе Намибии развиваются по существенно диатомовым илам. Однако почему оба этих процесса все-таки не всегда сопровождают друг друга при их определяющей близости? Отчасти это может быть вызвано слабой изученностью в СЭМ нефтепродуктивных слоев. Можно считать, что если условия способствуют массовому замещению органических остатков фосфатом, то возможностей для развития нефтегазогенерирующих процессов просто не возникает. Поэтому пониженная фосфатизация в органогенных осадках явно более благоприятна для развития процессов НГК. Кроме того, для интенсивной НГК необходима достаточно повышенная температура осадков, часто реализуемая на острове в местах развития глубинных разломов. Фосфатизация в этом не нуждается, о чем говорит интенсивное развитие ее на подводных горах океанов и морей. Явная сопряженность фосфоритообразования и НГК в некоторых главных условиях и определяет их частичную пространственную сопряженность, а дальнейшее разделяющееся мас-

совое развитие – доминирующими местными условиями. В этом смысле – сопряжение и ее истинные причины явно говорят, что, по крайней мере, значительная часть фосфоритов и НГК формируются за счет жизни прошлых и настоящих эпох. Поэтому не следует полагать исключительной роль поставок углеводородов из глубин для НГК – есть ясные доказательства, что оно развивается и за счет разложения органических остатков.

Работа выполнена по Программе Президиума РАН “Происхождение биосферы и эволюция гео-биологических систем” (подпрограмма II), грантам РФФИ № 08-04-00484 и 10-04-01475, и научной школе НШ 4207.2008.5.

Литература

1. Геология СССР. Остров Сахалин, геологическое описание. Т. XXXIII. М.: Недра, 1968. С. 224-225.
2. *Гладенков Ю.Б., Баженова О.К., Гречин В.М. и др.* Кайнозой Сахалина и его нефтегазоносность. М.: ГЕОС, 2002. 224 с.
3. *Школьник Э.Л., Тан Тяньфу, Еганов Э.А. и др.* Природа фосфатных зерен и фосфоритов крупнейших бассейнов мира. Владивосток: Дальнаука, 1999. 207 с.
4. *Школьник Э.Л., Жегалло Е.А., Оксенгорн Ф.С., Еганов Э.А.* Фосфоритоносность и нефтематеринские особенности пильской свиты п-ова Шмидта, о. Сахалин // Живое и неживое: вещественные и энергетические взаимодействия. Мат-лы 1-го Тихоокеанского симпозиума. Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2008. С. 86-87.
5. *Garrison R.T., Kastner M., Kalodny Y.* Phosphorites and posphatic rocks in the Monterey Formation and related Miocene units, coastal California // Cenosoic basin development of coastal California. Prensicholl. New Jersey, 1987. P. 349-381.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ ЛИТОСФЕРЫ КАК ИСТОЧНИКОВ ГЛУБИННОГО ФОРМИРОВАНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ

В.А. Шляховский

Научно-производственная фирма «ЛАНЕФ», г. Казань, РТ, Россия

The paper considers geophysical date of depth energetic zones, which can be source for form of hydrocarbon.

В разработанных в последние годы концепциях глубинного генезиса углеводородов ведущая роль отводится локализованным потокам углеводородных флюидов и контролирующим их каналам, восполнению залежей нефти и газа в процессе их разработки [1, 2, 3, 4 и др.]. Такие образования являются следствием энергетической структуры и деятельности Земли, должны иметь определенные параметры и вызывать соответствующие аномалии в геофизических полях. Экспериментальными работами установлено, что компоненты нефти могли образовываться из углерода и водорода, образующих метан и большое количество различных более тяжелых углеводородов в условиях высоких температур и давлений в верхних слоях мантии

(Гончаров, 2009 и др.). Рассмотрим такие неоднородности литосферы, которые могли бы соответствовать вышеуказанным геодинамическим параметрам.

К таким наиболее значимым образованием в литосфере, для образования углеводородов, следует отнести участки выступов астеносферного слоя. Астеносферный слой идентифицируется по данным сейсмологии и сейсморазведки, геоэлектрике. Кровля астеносферы вычисляется по данным теплового поля и гравитационного моделирования. Иногда, положение и мощность астеносферного слоя, определенного по вышеназванным методам не совпадают (Чекунов и др., 1994). Но в случае, когда в пределах литосферы имеются низкоскоростные аномалии, соответствующая область разуплотнения, наблюдается высокий тепловой поток, астеносферному выступу в пределах осадочного чехла всегда соответствует нефтегазоносный бассейн. Это было продемонстрировано результатами гравитационного моделирования в пределах Центральной, Восточной и Северной Европы, Средней Азии, Прикаспийского бассейна, Восточной Сибири.

Параллельно, было выявлено наличие в литосфере субвертикальных неоднородностей, связанных как с астеносферой, так и с расположенными глубже «волноводами», в пределах океанической коры, т.е. имеющих глубину заложения до 900 км. [5]. Такие зоны получили название энергетические зоны Земли (ЭСЗ) [6]. Для них характерно присутствие областей с дефицитом плотности. Было предположено, что в их пределах проходят процессы, близкие к процессу «зонной» плавки (по [Виноградов, Ярошевский, 1965]), который предполагает сосредоточение энергии в замкнутой области, выплавке легкоплавких элементов и дальнейшее перемещение энергетической области по разрезу. Тем самым, можно наблюдать в одной зоне и разуплотненные области, соответствующие зоне плавления, и уплотненные области, где выплавка уже прошла. Такие субвертикальные зоны могут иметь различное положение по глубине разреза и мощность. Они могут быть сопоставимы с поднятиями астеносферного слоя и тогда они образуются параллельно с последними. Гравитационный эффект от таких зон может быть получен только после исключения гравитационного эффекта от поверхности Мохоровичича (Тимошенко, Шляховский и др., 1984). Иногда, особенно, при отсутствии данных о глубине залегания подошвы земной коры, трудно определить их глубинную часть и приходится довольствоваться качественной оценкой глубины их залегания.

Так, при изучении Елабужско-Менделеевской зоны, расположенной в меридиональном направлении в северной части Татарского свода, отмечается понижение в наблюдаемом гравитационном поле до $2 \cdot 10^{-5} \text{ м/с}^2$. Аномалия повышенной проводимости, пространственно, соответствует понижению гравитационного поля. Для этой же зоны характерны высокие эманации радона. На вертикальном электрическом разрезе, полученном по данным точечного электромагнитного зондирования (Финчук и др., 2003), отмечаются две субвертикальные зоны глубиной от 9 до 1.7 км, характеризующиеся высоким сопротивлением по отношению к вмещающим породам. Около 200 м таких пород пройдено скважиной 279. Вскрытые породы высокого сопротивления относятся к диабазам, плотностные характеристики которых выше, чем у вмещающих не менее, чем на $0.2-0.3 \text{ г/см}^3$. Это должно вызывать достаточно крупную положительную гравитационную аномалию, однако в наблюдаемом поле ее нет. Можно было бы ожидать присутствия компенсационных эффектов, но в данном случае, гравитационный эффект от глубинной неоднородности не сможет компенсировать эффект от вышерасположенной. Единственное, по нашему мнению, решение может быть достигнуто,

если предположить наличие здесь сквозькоровой зоны растяжения, которая представляет собой область разуплотнения, и наличие в ее пределах даек диабазов, с присущими им высокоплотностными характеристиками. Таким образом, в пределах вертикальной зоны растяжения в земной коре происходили и происходят энергетические процессы, которые привели к преобразованию пород от кислого до основного состава. Что, безусловно, требовало значительных энергий. Отметим пространственную приуроченность даек диабазов к разрабатываемым здесь нефтяным месторождениям.

Также, при изучении Елабужско-Менделеевской зоны методом ТЭМЗ, было обращено внимание на наличие на глубине около двух тысяч метров двадцатиметрового горизонтального слоя с очень высоким сопротивлением по отношению ко всем породам разреза. Поднятые на поверхность породы этого слоя представляют собой по составу тот же диабаз, но с совершенно тектонически измененной структурой. Плотность понизилась до 2.6 г/см^3 . В сухом виде порода обладает высокой приемистостью, проницаемостью характерной для нефтесодержащих пород. В связи с тем, что слой рассекает горизонтально, практически не меняя своей мощности и породы дайки, и вмещающие, можно предположить, что его образование произошло вследствие мощного тектонического удара, произошедшего вследствие выброса энергии, аналогичной по мощности вышеописанным. Что может также приводить к образованию соответствующих компонент нефти.

По времени образования, вышеуказанные неоднородности литосферы, расположены по убыванию. Развитие их может быть как долговременным, так и скоротечным. В случае горизонтального слоя, вскрытого скважиной 279, можно говорить как о «мгновенном» образовании. Но аналогичный слой, определенный нами также по данным ТЭМЗ, в районе бассейна San Juan (США) на глубине 3500 м, имеет мощность около 100 м и не отделяется от вмещающих пород резким отличием в сопротивлении как породы, вскрытые скв. 279. Это может свидетельствовать о том, что преобразование пород здесь либо не завершилось, либо произошло с другими временными характеристиками. Отметим, что отметки рельефа в районе бассейна San Juan находятся в районе 1500 м, что указывает на то, что выявленные аномальные слои находятся по абсолютной отметке на одном уровне с Елабужско-Менделеевской зоной – около 2000 м.

Валяев Б.М. (2006) пришел к выводу о том, что “основные ресурсы нефти и газа сосредоточены на глубинах от 1 до 4 км в толще осадочных пород, где их свойства наиболее благоприятны для аккумуляции нефти и газа в первичных и вторичных резервуарах, также оптимальны и свойства изолирующих залежи покрышек.

Источники нефти и газа, сформировавшие залежи на этих глубинах, находятся глубже“.

Именно такое понимание геодинамического процесса образования нефти вытекает из условий образования вышеописанных неоднородностей. Причем процесс «движения» расплава из мантии снизу вверх маловероятен. Скорее всего, речь может идти о преобразовании вещества литосферы за счет перемещения очагов энергии и выплавки, в их пределах, легкоплавких составляющих с образованием соответствующих флюидов.

В этой связи уместно обратить внимание на чередование ненарушенных и трещиноватых зон в дайке, вскрытой СКВ. 279. Чередование зон мощностью от 20 до 40 м по всей глубине развития дайки трудно объяснить, к примеру, только неравномерностью остывания расплава [7].

Кроме того, нами получены данные, фиксирующие еще более скоротечные процессы изменения физических свойств среды. Так, при изучении территории Урганчинского месторождения, сформированного в отложениях карбона, наблюдения методом ТЭМЗ проводились через 3–4 часа после грозы. В обычных условиях мы наблюдаем субгоризонтальное чередование проводящих и непроводящих аномалий [8], а мощность аномалий небольшая – до 20 м. На полученном же разрезе выделяется субвертикальная проводящая неоднородность, имеющая корни свыше 2000 м [7]. Она расположена под такой же, но горизонтальной зоной проводимости в интервале глубин 820–1050 м. Нетрудно предположить, что происходит синхронное увеличение проводимости снизу вверх по разрезу, достигая максимальных величин в районе расположения нефтяной залежи. Вполне вероятно, что мы зафиксировали некий процесс, в результате которого происходит интенсивное повышение проводимости снизу вверх по разрезу. Это явление может быть индикатором, так называемой подпитки месторождения.

Таким образом, мы определили, что к существующим неоднородностям литосферы, которые по своим геолого-геофизическим характеристикам могут служить источниками образования компонент нефти за счет высоких энергий, следует отнести:

- выступы астеносферного слоя;
- субвертикальные неоднородности, образованные одновременно с выступами астеносферы;
- аналогичные неоднородности, образованные, вне подъемов астеносферы;
- субгоризонтальные неоднородности, образованные за счет тектонических ударов.

В настоящее время мы стоим на пороге формирования новой геологической парадигмы, как представления Земли в виде постоянно энергетически меняющейся среды, для которой характерны нелинейные изменения ее физических характеристик. В этой связи, ЭЗЗ являющиеся главными проводниками энергетических преобразований, требуют планомерного и всестороннего изучения.

Литература

1. *Валяев Б.М.* Проблема генезиса нефтегазовых месторождений: теоретические аспекты и практическая значимость. Генезис углеводородных флюидов и месторождений. М.: ГЕОС, 2006. С. 14-22.
2. *Трофимов В.А., Корчагин В.И.* Нефтеподводящие каналы: пространственное положение. Методы обнаружения и способы активизации // Георесурсы. 2002. № 1. С. 4-9.
3. *Дмитриевский А.Н., Валяев Б.М. Смирнова М.Н.* Масштабы и темпы восполнения нефтегазовых залежей в процессе их разработки // Генезис нефти и газа. М.: ГЕОС, 2008. С. 3-6.
4. *Муслимов Р.Х., Глумов И.Ф., Плотникова И.Н. и др.* Нефтяные и газовые месторождения – самоорганизующиеся и возобновляемые системы // Геология нефти. Труды Межрегион. совещания. Казань, 2004. С. 43-49.
5. *Шляховский В.А.* Гравитационная модель сейсмофокальных областей // Георесурсы. 2006. № 4 (21). С. 28-30.
6. *Шляховский В.А., Финчук В.В., Секачев Л.Н.* Энергетические зоны Земли, сейсмичность, полезные ископаемые и экология // Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть, газ и их парагенезы. М.: ГЕОС, 2008. С. 538-540.
7. *Шляховский В.А.* Выявление неоднородностей литосферы как источников формирования залежей углеводородов // Георесурсы. 2010. № 2. С. 27-29.

ФАЗОВЫЕ РАВНОВЕСИЯ И МИГРАЦИЯ ФЛЮИДА В КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОДАХ

К.И. Шмулович

Институт экспериментальной минералогии РАН, 142432 Черноголовка, Россия;
kiril@iem.ac.ru

At deep crust conditions natural fluid demonstrate two phase state in model system H_2O -Nonpolar gas (CO_2) – Electrolytes ($NaCl$, $CaCl_2$). Wetting angles of the phases are different and depend on P-T parameters and mineral compositions. Water-rich phase in porous media have specific properties, which could be seen at metastable state and negative pressures.

Фазовые равновесия в системах H_2O - CO_2 -Соль ($NaCl$, $CaCl_2$) измерены до 1 ГПа и 800 °С. Даже при максимальных параметрах изученного интервала существует широкая область несмесимости, где равновесно сосуществуют две флюидные фазы с разной плотностью и вязкостью. Транспортные свойства этих фаз различны как по механизму, так и по кинетическим константам.

По данным измерений в скважинах принято, что глубже 4 км Р(фл) ~ Р(лит). Однако, даже при $P > 200$ МПа существуют малоизвестные физические эффекты, обуславливающие относительные вариации равновесных и транспортных свойств. Для водного флюида в силикатных породах существуют две области Р-Т параметров: А) область с дигедральными углами $> 60^\circ$ (угловых градусов) и В) с углами $< 60^\circ$. В области «А» нет связанной системы пор, движение флюида возможно лишь по механическим трещинам или как движение замкнутых объемов по механизму «растворения-осаждения» в сторону большей растворимости в градиентных полях. Механизм растворения на «горячей» стороне замкнутого объема и осаждения на «холодной» может быть весьма эффективным, т.к. скорость движения возрастает с увеличением линейных размеров по градиенту параметров (Т и/или Р). В области «В» образуется связанная система порового пространства, обеспечивающая фильтрационный массоперенос по градиенту давления.

Измерения, выполненные М.Холнесс показали, что неполярные компоненты (CO_2 в частности) в силикатной матрице имеют дигедральные углы $\gg 60^\circ$. Для воды ситуация более сложная и вдоль нормального Р-Т градиента углы дважды проходят через критические значения. Отсюда следует, что при погружении и нагреве пород, сначала низкотемпературное «смачивание» (условно эффективное, углы $< 60^\circ$) меняется на «несмачивание» (углы $> 60^\circ$), затем вновь система приходит к углам $< 60^\circ$. При начальном «смачивании» (менее 400 °С, 400 МПа) меняется валовое содержание воды в породе, а химический потенциал воды (активность) не зависят от реакций в системе. В среднетемпературной стадии («В»), интервал которой зависит от состава пород, изолированные объемы флюида двигаются только по трещинам или по схеме «растворение-осаждение». В этом случае, химические потенциалы компонентов и, в частности, воды уже могут быть лишь локально равновесным и для поддержания активности воды при изменении

концентрации необходимо привлекать дополнительные компенсационные механизмы. Дальнейшее повышение P-T параметров приводит к переходу от стадии «В» к ситуации «А», но связная система пор образуется за счет капиллярных сил. При этом возникают условия реализации механизма «обратного осмоса», т.е. селекции компонентов по порам разного размера. По современным представлениям, основанным на мембранных технологиях, в тонкие поры (порядка первых нанометров) уходит преимущественно вода, а соли и неполярные газы остаются в макропорах. Вода в тонких порах имеет более высокую плотность и упорядоченность и, следовательно, пониженную активность. Отсюда следует, что переход через критическое значение дигедральных углов приводит к резкому понижению активности воды даже в закрытой системе.

В пористой среде флюид обладает весьма неожиданными и еще не вполне понятными свойствами. Недавно удалось показать, что: 1) Вода и солевые растворы способны выдерживать растяжения (отрицательные давления) порядка 100–150 МПа; 2) В интервале размеров флюидной фазы от 3 до 300 микрон (линейные) наблюдается размерный эффект, т.е. зависимость максимальных растяжений от размеров фазы; 3) Метастабильная жидкость при средних растяжениях порядка 50 МПа может существовать времена, превышающие возраст нашей планеты. Эти физические эффекты в принципе могут позволить диагностику раздела нефть-вода дистанционными методами, но для реализации этой идеи необходимы исследования взаимодействия метастабильной жидкости с волновым фронтом.

ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕГАЗОНОСТИ ОТЛОЖЕНИЙ МАЙКОПСКОЙ СЕРИИ НА ТЕРРИТОРИИ АЗЕРБАЙДЖАНА

М.А. Эфендиева, С.Т. Эфендиева

AZ1143, Азербайджан, Баку, пр. Г.Джавида, 29а; Институт геологии НАН Азербайджана

Открытие и разработка нефтяных залежей в ряде нефтегазоносных районов на территории Азербайджана, приуроченных к отложениям майкопской серии, показало, что в пределах депрессионных зон Азербайджана во время формирования осадков майкопского возраста существовали весьма благоприятные условия для накопления органического вещества с последующим образованием преимущественно нефтяных залежей.

Согласно современным подсчетам ученых сумма всех запасов углеводородов на территории Азербайджана составляют 3,54 млрд т. при этом эта сумма является наибольшей для ресурсов из стран Каспийского региона и почти 50 % этих ресурсов составляют отложения майкопа по региону. Одновременно с этим большая часть прогнозируемых запасов УВ или 85 %. Из которых включая и запасы Среднего Каспия составляют 15 % или 0,49 млрд т ресурсы олигоцен–нижнего миоцена, а 0,45 млрд т или 92 % расположены на территории Каспийского шельфа. Ресурсы отложений майкопского возраста морской части Каспия равны 1,99 млрд т, что составляют более 56 % общих ресурсов этого стратиграфического возраста. А 55 % перспективной части территории распространения олигоцен-миоценовых отложений для территории суши и прилегающей к ней акватории

Каспийского моря характеризуется плотностью равной 20 тыс.т/км², при максимальной плотности размещения УВ запасов – 100 тыс. т/км² и распространения на территории – 2,2 тыс. км² (Гулиев и др., 2002).

Они сформировались по краям бассейнов осадконакопления, и приурочены к склонам древних и локальных поднятий в зонах несогласия, проявившиеся в выклинивание отдельных стратиграфических подразделений майкопской серии. В следствии трансгрессивного или регрессивного прилегания, которые создали благоприятные условия для формирования ловушек (Керимов, Авербух, 1982).

Согласно принятой классификации (Бабазаде, 1964) в своем большинстве залежи майкопской нефти приурочены к ловушкам стратиграфического, литологического и комбинированного типа.

Одновременно с этим месторождения нефти и газа на территории Азербайджана приуроченные к отложениям майкопской серии занимают в общем объеме разведанных запасов относительно общего объема незначительное количество.

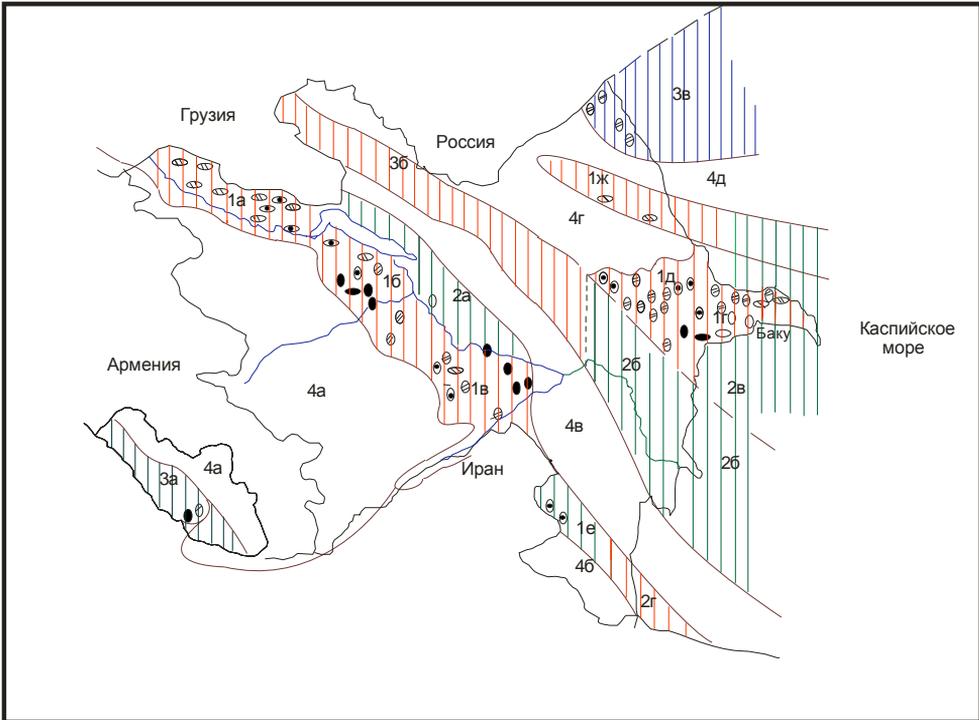


Рис. 1. Схема-карта нефтегазорайонирования отложений майкопской серии для территории Азербайджана

- - Нефтяные месторождения находящиеся в разработке
- ⊕ - Структуры на которых в пробуренных скважинах были получены притоки нефти при испытании отложений майкопской серии
- ⊖ - Структуры на которых при бурении скважин были вскрыты отложения майкопской серии
-  - Районы с установленной нефтегазоносностью отложений майкопской серии
-  - Районы с перспективной нефтегазоносностью отложений майкопской серии
-  - Районы с возможной нефтегазоносностью отложений майкопской серии

Несмотря на то, что именно этот комплекс отложений относится к самым нефтегенерирующим породам – источникам в кайнозойском разрезе осадочного комплекса Азербайджана.

Свидетельством региональной нефтегазоносности майкопских отложений являются интенсивные проявления в скважинах, естественные нефтегазопроявления и незначительные промышленные разработки на ряде месторождений Азербайджана.

Но, несмотря на открытие и разработку ряда залежей, потенциал отложений майкопской серии реализован не в полной степени и связано это главным образом с недооценкой их углеводородного потенциала и связано это с тем, что преимущественная для большей части распространения майкопской серии – ее глинистость (до 90 %), в связи с этим условия для образования крупных скоплений нефти и газа возможны только в исключительных случаях, а основная масса УВ рассеяна в виде небольших скоплений. В результате этого факта имеет место незначительная разведка перспективных площадей и отсутствие целенаправленного бурения на эти отложения.

С учетом особенностей геологического строения и процессов осадконакопления территории суши Азербайджана и сопредельных морских территорий, базируясь на результатах структурно-поискового и глубокого поисково-разведочного бурения на отложения майкопской серии и «Карты тектонического районирования нефтегазоносных территорий Азербайджана» в масштабе 1:500 000 (2002) была составлена схема-карта нефтегазорайонирования (рис. 1).

На карте схеме выделены:

- 1) районы с установленной нефтегазоносностью;
- 2) районы с перспективной нефтегазоносностью
- 3) районы с возможной нефтегазностью
- 4) бесперспективные районы.

1. К районам с установленной нефтегазоносностью майкопских отложений на которых выявлены залежи нефти и газа и проводилась их промышленная разработка или в процессе ведения поисково-разведочных работ были получены притоки нефти и газа промышленного значения. К ним относятся:

- 1а. Междуречье Куры и Габырры;
- 1б. Гянджинский НГР;
- 1в. Евлах-Агджабединский прогиб;
- 1г. Абшеронский НГР;

1д. Шамаха-Гобустанский НГР;

1е. Джалилабадский НГР;

1ж. Кусаро-Дивичинский НГР.

2. Районы с перспективной нефтегазоносностью, где по данным геолого-геофизических исследований на фоне выявленных структурных и литологических ловушек имеет место наличие отложений майкопской серии с возможной положительной литолого-фациальной характеристикой. К этим районам относятся:

2а. Северо-западная часть борта восточного борта Евлах-Агджабединского прогиба, которая согласно тома VII Геологии Азербайджана (2008) – Геокчайский НГР;

2б. НГР Нижнее-Куринская впадина и ее морское продолжение, территория Бакинского архипелага;

2в. Морское обрамление Абшеронского НГР;

2г. Юго-восточное продолжение Джалилабадского НГР (Ленкоранское НГР).

3. Районы с не выявленной перспективностью, в пределах которых необходимо проведение объемных геолого-геофизических исследований. К этим районам относятся:

3а. Нахичеванский НГР;

3б. Аджиноурский НГР;

3в. Северо-восточная часть Прикаспийского НГР и прилегающая к ней акватория моря.

4. Бесперспективные районы в связи с отсутствием на их территории отложений майкопской серии. К ним относятся:

4а. Высокогорные районы Малого Кавказа;

4б. Территория Горного Талыша;

4в. Кюрдамир – Мильско-Муганская и Алазано-Агричайская зона поднятий;

4г. Дибрар-Яшма-Хизинская зона Юго-Восточного окончания предгорий Большого Кавказа;

4д. Агзыбирчала-Кусарская зона погребенных поднятий и их морское продолжение.

ПЕРЕНОС МОЛЕКУЛ ВОДОРОДА И МЕТАНА В СТРУКТУРНЫХ ЯЧЕЙКАХ СЕРПЕНТИНОВ ПРИ ПОДЪЁМЕ ОФИОЛИТОВОГО ДИАПИРА

Р.М. Юркова, Б.И. Воронин

Институт проблем нефти и газа РАН, Москва, Россия; e-mail: bivrmvrbz@mtu-net.ru

The paper discuss transfer of hydrogen and methane molecules in antigorite structure cell. The rise and transformation of deep hydrocarbon fluids are associated with formation of mantle ophiolite diapir in the transition areas primitive island arc-trench above Benioff zone.

Проведение исследований по названной теме обусловлено потоком данных об углеводородной дегазации в океане и на континенте в связи с серпентинизацией ультрабазитов. Обсуждение основано на материалах изучения всех комплексов

офиолитов во фронтальных частях островных палеодуг в пределах северо-западной активной континентальной окраины Тихого океана: Сахалин, Камчатка, Корякский хребет, остров Карагинский, Охотское море.

Изучены различные типы серпентинизации ультрабазитов: ранняя псевдоморфная и полистадийные гидротермально-метасоматические, наложенные. Начальные генерации серпентинитов ранней безмагнетитовой серпентинизации представлены в апогарцбургитовых серпентинитах, характерных для центральных ненарушенных частей дунит-гарцбургитового массива, который рассматриваются как мантийный комплекс офиолитов. Представлен на п-ове Шмидта, Северный Сахалин. Выведен на поверхность в результате кайнозойского, позднеплиоценового диапирового внедрения офиолитов в преддуговую зону примитивной палеодуги Сахалина с образованием большой (1,5–2,0 км) воронки взрыва газов (ручей Тарычах) [Юркова, Воронин, 2006]. Как показал структурно-формационный анализ внедрение диапира происходило в условиях значительной структурной перестройки предостроводужной палеозоны при растяжении предостроводужья, сопровождаемого отодвиганием, откатом желоба в восток в пределах современного Охотского моря. Подобная геодинамическая обстановка формирования офиолитов рассмотрена в обзорной статье А.Д. Чехова [2009]. Впадина Дерюгина в акватории Охотского моря представляет остаточную часть желоба глубиной 12 км с осадками позднекайнозойского времени. Здесь отмечены крупные землетрясения с магнитудой 7 баллов [Злобин, Полец, 2009]. Судя по данным аэромагнитной и гравиметрической съёмок массив ультрабазитов п-ова Шмидта имеет, почти вертикальное залегание и уходит корнями до верхней мантии [Объяснительная записка, 2000]. Продолжение диапира или колонны диапиров в акватории Охотского моря фиксируется зонами интенсивных (2000 гамм) положительных магнитных аномалий. С магнитной аномалией совпадает гравитационная аномалия в редукции Буге интенсивностью 88 мкг.

Формирование офиолитового диапира связано с мантийной серпентинизацией дунит-гарцбургитовых ультрабазитов в восстановительных условиях в результате образования анионов (ОН) за счёт окиси углерода и водорода при участии никелевого катализатора по схеме: $2\text{Mg}_2\text{SiO}_4 + \text{Mg}_2\text{Si}_2\text{O}_6 + 4\text{CO} + 12\text{H}_2 \xleftarrow{\text{Ni}} \text{Mg}_6\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8 + 4\text{CH}_4$. Образование антигорита в условиях мантийной серпентинизации на глубинах 40–50 км подтверждено экспериментальными, термодинамическими данными ($T = 450\text{--}600\text{ }^\circ\text{C}$, $P = 13\text{--}16\text{ кбар}$), характеристиками изотопного состава водорода и кислорода и расчётами баланса вещества [Юркова, 2002]. Термобарические условия мантийной серпентинизации совпадают с данными, транслируемыми субокеанической геотермой [Рингвуд, Мак-Грегор, Бойд, 1968]. Диапировые внедрения серпентинизированных ультрабазитов во фронтальных частях островных дуг над сейсмофокальной зоной, с формированием слоев глубинного (25–30 км) биметасоматоза, подтверждаются исследователями для Марианской примитивной островодужной системы [Maekawa et al. 2001]. Серпентиниты в результате адиабатического всплывания разогретого пластичного глубинного вещества к поверхности, сопровождаемое декомпрессией и интенсивным плавлением, при растяжении свода диапира были пронизаны полициклическими разноглубинными магматическими комплексами: полосчатым, габброидным, параллельных даек, спилит-кератофировым. Наиболее выразительными индикаторами подъёма офиолитов послужили биметасоматические контактово-реакционные (при взаимодействии с серпентинитами) слои, которые возникали в различные стадии

формирования офиолитов: от высокотемпературных ($T = 900\text{ }^{\circ}\text{C}$) и глубинных (30 км) в полосчатом расслоенном комплексе через серию разнотемпературных и

Серпентины	Мантийные		Коровые псевдоморфные				Гидротермально-метасоматические наложенные					Океанические	
	Olv	251a	251b	251e	251б	251п	1335	457	626	446	284	1999	2002
H ₂	800	230	150	140	0.0	130	90	100	60	500	10	-	16
CH ₄	-	30	15	20	15	10	10	20	10	10	0.0	0.3-0.6	2,5
Fe ²⁺	0.19	0.22	0.00	0.00	0.44	-	0.07	0.36	0.00	0.22	0.24	-	-
Fe ³⁺	0.00	0.14	0.44	0.47	0.18	-	0.37	0.08	0.75	0.22	0.25	-	-

разноглубинных родингитов (550–350 °С) до апофлишоидных метасоматитов пограничных вулканогенно-осадочных флишоидных серий [Юркова, Воронин, 2006]. С протрудированием блоков офиолитов в предостроводужные флишоидные комплексы, сформированные автокинетическими потоками, связаны биметасоматические слои (диопсид, ксонотлит) в зонах субвертикальных контактов песчано-глинистых пород с серпентинитами. Образование биметасоматических слоев, судя по особенностям кристаллической структуры ксонотлита [(K_{0,02}Na_{0,04}Ca_{5,76}Mg_{0,09}Fe²⁺_{0,06}Si_{5,96}Al_{0,04})O₁₈(OH)₂], а именно по удвоению параметра с до 14Å, происходило при температурах не ниже 350°C [Clak et al., 1962]. Эти принципиально новые данные объяснимы только с позиций диапирового становления офиолитовой ассоциации. С подъёмом офиолитового диапира связана нефтегазосность Северного Сахалина и Охотского моря [Юркова, Воронин, 2006].

Установлено, что в процессе ранней петельчатой безмагнетитовой серпентинизации за счёт оливина образовались антигорит с параметром элементарной ячейки $a=35,5\text{Å}$ и природный сплав железо-никель состава тэнита (35–40 ат.% Ni) в виде мельчайших (2–5 мкм) включений в антигорите. В изученных серпентинах обнаружены H₂, CH₄, CO (табл.). CO количественно не определялось.

Присутствие водорода, метана и окиси углерода в мантии могло быть обусловлено составом первичных восстановительных флюидов, сопровождающих глубинный, подкоровый гипербазитовый магматизм, или связано с метаморфическими сегрегациями флюидов при первичном пластическом течении вещества

Таблица 3. Содержание восстановительных газов в серпентинах и серпентинитах, ммоль/кг породы.

Примечание. Образцы Olv, 251a, 251b, 251e, 251б – см. текст и табл. 4; 251п – порода в целом апогарцбургитового серпентинита; 1335, 457, 626, 446, 284 – серпентины: 446 – из протрузии в вулканический комплекс офиолитов, 626 – из блока офиолитов, локализованного во флишоидном комплексе, 457 – на контакте с родингитом, 1335, 284 – из полосчатого комплекса: 1335 – измененный апогарцбургитовый серпентинит, 284 – серпентинит за счёт регенерированного лерцолита. 1999 – океанический апоперидотитовый серпентинит [Kelley, Früh-Green, 1999], 2002 – флюиды хр. Рейнбоу, связанные с серпентинизированными ультрабазитами [Charlou, Donval, Fouguet et al., 2002].

мантии [Маракушев, 1975; Кушев, Миронов, 1980; Кутолин, 1977; и др.]. Молекулы водорода могли быть захвачены оливином в виде включений или войти в его структуру как при кристаллизации расплава, так и в процессе пластического течения вещества мантии. Присутствие водорода в оливине можно связывать с особенностями структуры и состава последнего, а именно с высоким сродством водорода к магнезию, которого больше в оливине, и низким – к кремнезему, кото-

рого больше в ортопироксене. Начало мантийной серпентинизации обусловлено внутрислойным растворением оливина и ортопироксена в результате пластических перемещений ультрабазитового мантийного вещества, возможно, в связи со сменой ротационного режима Земли.

Рассмотрим далее вопрос о возможной локализации H_2 в исследованных серпентинах. Если предположить, что водород содержится в виде газа в порах породы, то можно оценить, какое давление должно быть в таких газовых включениях. Считая плотность серпентина равной 2.6 г/см^3 при содержании водорода $0,35 \text{ ммоль/г}$ породы, получим отношение объема газа к объему породы примерно равным $(22,4 \text{ см}^3/\text{ммоль} \times 0,35 \text{ ммоль/г} \times 2,6 \text{ г/см}^3) = 20$ при нормальных условиях. В этом случае понадобилось бы давление 20 атм , чтобы сжать имеющийся газ до объема 1 г породы. Если поры составят лишь 1% объема породы, то потребуется давление $20 \times 100 = 2000 \text{ атм}$ или 2 кбара для того, чтобы полученное количество газа находилось в принятом объеме пор, что, конечно, неприемлемо для исследуемых образцов. Величина давления получена на основе предположения, что к данному газу можно применять законы газового состояния, т.е. давление в нем возрастает обратно пропорционально занимаемому объему. Оценена длина свободного пробега молекул такого сжатого газа в породах по формуле $\lambda \approx 1/\sqrt{n}d^2$, где n – концентрация водорода в порах, d – эффективный диаметр молекул. Независимо от размеров пор $n=N/V$, где N – общее число молекул водорода в 1 г породы, V – суммарный объем пор, $N=0,35 \cdot 10^{-3} \text{ моль/г}$ породы. Для водорода $d=3 \cdot 10^{-8} \text{ см}$ при нормальных условиях $\lambda \approx 2 \cdot 10^8 \text{ см}$, т.е. 2 \AA . Такая величина λ , близкая к размерам самих молекул показывает, что водород находится в серпентинах, возможно, как и в оливинах, не в виде газа, а в виде отдельных молекул, которые внедрились в структуру минерала. В антигоритах, имеющих специфическую структуру, эти молекулы как бы запираются благодаря инверсии слоёв [Crystal structures, 1980]. Вхождение водорода в структуру мантийного антигорита увеличило объём элементарной ячейки минерала, в частности α до $35,5 \text{ \AA}$, в то время, как в биметасоматических (безводородных) антигоритах этот параметр не превышает $35,0 \text{ \AA}$. Метан вероятнее всего находится в межслоевых промежутках или поверхностноактивных зонах. Количество водорода уменьшается при замещении антигорита (обр. 251 а) лизардитом (обр. 251 в) и в лизардитах из просечек, образующих крупные петли, в центре которых существовали долгоживущие пути миграции флюидов (обр. 251е), и падает до нуля в баститовых серпентинах (обр. 251 б) (см. табл.). Высвобождающиеся при этих замещениях метан и водород концентрировались в ловушках, возникших в процессе растяжения свода поднимающегося офиолитового диапира.

Формирование офиолитовой ассоциации в целом происходило в единой флюидонасыщенной магматическо-метаморфической геотермальной системе. Это способствовало активному преобразованию магмы, пород и углеводородных флюидов. Серпентиниты экранировали углеводородные флюиды от рассеивания, создавая природную автоклавную ситуацию. Флюидное сверхдавление обеспечило подъём диапира, при гидроразрыве перекрывающих слоёв. В условиях повышенных давлений и температуры по схеме разветвлённо-цепных реакций, открытых Н.Н. Семёновым, могли образоваться гомологи метана: этан, пропан, бутан, пентан, гексан и др. по реакции типа $2\text{CH}_4 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_6 + \text{H}_2$ [Озол, 2006]. Эти углеводороды взаимодействуя при каталитической активности тонкодисперсных серпентинитов и железо-никелевых соединений (тэнит, пентлацит, магнетиты) в услови-

ях постоянно повышенных температур ($T > 350$ °C) вследствие полистадийного разноглубинного магматизма флюидного и динамического давления формировали все групповые компоненты нефти: нормальные алканы, изоалканы, нафтены, ароматические углеводороды. Убедительные экспериментальные и термодинамические свидетельства абиогенного образования всех групповых компонентов нефти (из H_2 , CO, CO_2) при температурах 200–500 °C и широком диапазоне давлений на бифункциональных катализаторах показаны в работах И.И. Кулаковой, А.П. Руденко [2003], Г.Г. Ионе с соавторами [2006]. Экспериментальные данные подтверждают также возможность нахождения тяжелых углеводородов (ТУВ) в верхней мантии [Зубков, 2009].

Высокая сейсмическая подвижность предостроводужных палеозон способствовала нарушению целостности серпентинитовых слоёв. Как известно, проявления сейсмичности возможны в условиях высокой аккумуляции флюидов в очаговых зонах землетрясений, их концентрации в сжатом виде, приводящей к высоким поровым давлениям и, как следствие, подъёму углеводородных экструзий и интрузий и миграции углеводородов по сдвиговым разломам в магматические и осадочные ловушки присдвигового неогенового прогиба в завершающие этапы становления офиолитов (для Сахалина в плиоцене). Антиклинальные ловушки нефти и газа в неогеновом осадочном бассейне были сформированы к концу верхнего миоцена. По минеральным индикаторам установлено двухэтапное заполнение ловушек нефтью в позднем плиоцене и постплиоцене [Юркова, 1970]. Эти оценки совпадают по времени с завершающими этапами становления офиолитов [Речкин, 1984].

ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ ГЕЛИЯ – УНИВЕРСАЛЬНЫЙ МАРКЕР ИСТОЧНИКА И ЭВОЛЮЦИИ ВЕЩЕСТВА ЗЕМЛИ

В.П. Якуцени

ВНИГРИ, С-Петербург.

The considerable differentiation of isotopes natural helium masses $^3He/^4He \sim 10^{-9} \div 10^{-5}$ in separate geospheres of the Earth is important for a substantiation of geological resources prospecting.

В наибольших количествах гелий встречается в виде примесей в природных газах, свободных, водорастворенных и в нефтяных, причем любого химического состава. Его содержание в свободных газовых скоплениях не превышает обычно 8–10 %. В свободном состоянии на Земле он не встречается. Во Вселенной его содержание в межзвездном газе достигает 20 %, входит в состав главным образом водорода, которого около 80 %. На все остальные элементы межзвездного газа приходится около 1 %. Гелий отличается: полной химической инертностью, низкой сорбционной способностью и низкой растворимостью в любых объектах, как в подземных водах, так и в расплавах изверженных пород и металлов; высокой проницаемостью, по легкости он уступает только водороду; газогидратов не образует.

Земной гелий состоит из двух изотопов – легкого 3He и тяжелого 4He , с крайне высокой дифференциацией масс, с измененным в разных объектах отно-

шением в интервале ${}^3\text{He}/{}^4\text{He} - n (10^{-9} \div 10^{-5})$. Данные об изотопном составе гелия часто используется в качестве генетического маркера геосферной привязки содержащего его вещества.

Основные исследования закономерностей изменения изотопного состава земного гелия в планетарном масштабе были выполнены в 60–70 гг. прошлого столетия и принадлежат отечественным исследователям – Б.А. Мамырину с коллегами, И.Л. Каменскому, Б.А. Поляку, И.Н. Толстихину, В.П. Якуцени и позже многим другим.

Гелий, обогащенный его легким изотопом, с отношением ${}^3\text{He}/{}^4\text{He} \sim n \cdot 10^{-5}$, свидетель сохранившегося в глубинных геосферах первичного планетарного гелия поступившего с космическим веществом в ходе формирования планеты Земля. Гелий, обогащенный его тяжелым изотопом, с отношением ${}^3\text{He}/{}^4\text{He} \sim n \cdot (10^{-7} \div 10^{-9})$ связан в основном с континентальной частью литосферы. Это радиогенный гелий, который постоянно генерируется в виде α -частиц излучаемых преимущественно U и Th в количествах соответствующих закону радиоактивного распада, т.е. концентрации тяжелых излучателей, их активности и длительности процесса распада, иными словами возрасту пород их содержащих. В основном это кислые по составу породы.

При этом надо учитывать также динамику гелия не только в связи с его постоянной генерацией, но и с его перетоком из недр в атмосферу, а также и столь же постоянную его утечку (диссипацию) из атмосферы в космическое пространство, поскольку гравитационное поле Земли гелий и водород не удерживает. Этот процесс предсказал еще в начале XX века В.И. Вернадский и позже подтвердился в виде гелиево-водородного шлейфа Земли наблюдаемого на ее орбите со спутников.

Таблица. Характер изменения величины изотопно-гелиевого отношения в зависимости от источника гелия

${}^3\text{He}/{}^4\text{He}$	Источник гелия, изученные места проявления
$\sim 10^{-4} \div 10^{-3}$	Все космические объекты доступные для исследования: метеориты, солнечный ветер, лунная пыль (реголит), межпланетный газ и пр.
$(3 \pm 1) \cdot 10^{-5}$	Эруптивные источники гелия Земли: вулканы и продукты их извержений (современные и палео), сопутствующие им кальдеры; зоны Mz-Kz магматической активности; глубокие современные рифтовые прогибы (континентальные и океанические), глубинные проницаемые разломы, океанические гидротермальные гейзеры («курильщики») и пр. П-в Камчатка, оз. Байкал с прилегающей молодой складчатой областью, отдельные источники кавказских минеральных вод, Исландия, Гавайи, гидротермы Срединно-океанического хребта и пр.
$1,4 \cdot 10^{-6}$	Атмосферный гелий. Его изотопный состав является результирующей баланса постоянного поступления планетарного гелиевого потока из недр и незначительного поступления с космическим излучением в верхние слои стратосферы, а также столь же постоянного его оттока (диссипации) из атмосферы в космическое пространство, не удерживаемого силами гравитации Земли. Планетарный гелиевый поток не однозначен по изотопному составу. Значительная часть площади планеты – 70,8 % занята Мировым океаном с маломощной (~6 км) океанической корой преимущественно молодого возраста, основной и ультраосновной по составу, обедненной радиоактивными элементами α -излучателями с высокой проницаемостью, особенно по рифтовым долинам Срединно-океанических хребтов, вместе с множественными пересекающими их трансформными разломами. Изотопный состав гелия на таких территориях поступающий вместе с

	<p>металлоносными гидротермами, соответствует мантийному - $n \cdot 10^{-5}$.</p> <p>Меньшая площадь поверхности планеты сложена мощной (~ 33 км) континентальной корой, состоящей, в значительной части, из кислых пород в т.ч. древних гранитов обогащенных α-излучателями. Образующийся в ней радиогенный гелий поставляет в атмосферу изотопно-утяжеленный гелий – в основном $(2 \pm 1) \cdot 10^{-8}$.</p> <p>Результирующая этих динамических, постоянно действующих в геологической истории планеты процессов и отражена в современном изотопном составе гелия в атмосфере $1.4 \cdot 10^{-6}$.</p>
$\sim 10^{-9} \div 10^{-7}$	<p>Осадочный чехол. Исследовался изотопный состав гелия в свободных и растворенных газах на континентах и их окраинах (шельфах). В зависимости от возраста отложений чехла, т.е. длительности генерации радиогенного гелия его изотопный состав переменен. В отложениях Mz-Kz - $n \cdot 10^{-7}$, в Pz - $n \cdot 10^{-8}$. Возможны отклонения за счет миграции гелийсодержащих газов.</p> <p>Определялся ${}^3\text{He}/{}^4\text{He}$ для сотен нефтегазовых месторождений, практически во всех нефтегазоносных бассейнах России, включая шельфы и газы грязевых вулканов Черного моря, Каспия, Керченского и Таманского п-вов, Рионской долины Кавказа и пр.</p>
$\sim 10^{-9} \div 10^{-8}$	<p>Газы в трещинно-поровом пространстве кристаллических пород фундамента в пределах континентов. В единичных пробах газа из древних гранитных массивов, обогащенных α-излучателями замерены величины $n \cdot 10^{-9}$, более распространены отношения $n \cdot 10^{-8}$.</p> <p>Украинский кристаллический щит, Кольская сверхглубокая скважина (до глубин 12,2 км) и пр.</p>

В приведенной таблице отражено то динамическое равновесие в изотопном составе гелия, которое сложилось в современную эпоху в верхних геосферах нашей планеты и позволяет рассматривать эти данные как маркеры источника вещества любого интересующего доступного для нас объекта исследований, содержащего хотя бы незначительное количество гелия.

В основу таблицы положен обширный полученный отечественными и зарубежными исследователями аналитический материал. Особенно изученным оказался изотопный состав гелия в природных газах осадочного чехла, а также в поверхностных эруптивных газопроявлениях.

Важно отметить, что изучение изотопного состава гелия относится к статусу фундаментальных исследований, поскольку нуждаются в дорогом прецизионном оборудовании и высококвалифицированных кадрах. Последнее десятилетие не ознаменовалось существенными открытиями в этой области в связи с дефицитом средств на их производство. И это вызывает сожаление, т.к. лишает специалистов корректно решать практические вопросы об источниках и условиях формирования многих стратегически важных полезных ископаемых и, соответственно обосновывать производство их поисков, повышать успешность и эффективность геологоразведочных работ.

Достоинство изотопно-гелиевого метода в отличие от любых других, в том, что легкий гелий не может образоваться в заметном количестве в литосфере и в ее осадочном чехле, он может только поступить в нее из мантии, т.е. по сути, однозначно и корректно ответить на вопрос об источнике вещества или среды.

К ПРОБЛЕМЕ ПРОИСХОЖДЕНИЯ И ДИНАМИКЕ ФЛЮИДОВ В НЕДРАХ ЗЕМЛИ

Л.М. Якушин

Проблемы происхождения флюидов в недрах Земли, и их роль в геодинамических и ряде других процессов, рассматриваются во многих работах, в частности в работах [1–6], и сборниках тезисов докладов на конференциях по дегазации Земли (часть указанных работ помещены в этих сборниках). В работе [1] констатируется, что на основании глубинных сейсмических и электромагнитных исследований, в земной коре и верхней мантии континентов выделяются серия слоев с пониженными скоростями (волноводов) и повышенной электропроводностью. Последнее дает основание предполагать, что они связаны с флюидонасыщенными зонами, и что литосфера континентов является реологически расслоенной. Помимо ослабленных слоев в верхней мантии выделены наклонные зоны высоких сейсмических скоростей. Эти зоны достигают глубины более 1000 км. Чаще всего они приурочены к зонам концентрации глубоких землетрясений. В статье также высказываются некоторые предположения о возможной роли глубинных флюидов при формировании различных типов земной коры.

По данным комплексных геофизических методов установлено, что волноводы характеризуются рядом структурных особенностей. Помимо уменьшения сейсмических скоростей Р и S волн, и повышения электропроводности, отмечено, что глубинные разломы в верхней части коры выполаживаются к этим слоям. На их уровне происходит смена субвертикальной (блоковой) ее структуры на субгоризонтальную. Для условий древних платформ и, в основном, для кислого состава коры волноводы отмечаются на глубинах 10–15 км. Структурные особенности зоны перехода от земной коры к мантии (граница М) во многом схожи с особенностями корового волновода и позволяют предположить и здесь наличие ослабленных флюидонасыщенных слоев.

Слои с пониженной сейсмической скоростью и повышенной электропроводностью в верхней мантии связывают обычно с астеносферой, то есть с зоной частичного плавления. Однако с увеличением глубинности и детальности исследований методом ГСЗ оказалось, что и в мантии встречаются слои мощностью 20–30 км, локализованные по площади и отмеченных на глубинах 80–350 км.

Важной для флюидного режима особенностью структуры верхней мантии являются также наклонные зоны аномальных скоростей сейсмических волн. Они ограничивают со всех сторон континенты и прослеживаются на границах крупных геоструктур или областей с разными эндогенными режимами. Наиболее выразительны они на активных окраинах, где их можно проследить до глубины 400–700 км вдоль фокальных зон Беньофа. Эти зоны характеризуются и повышенной электропроводностью. Можно предположить, что эти наклонные аномалии связаны с зонами повышенной проницаемости пород, по которым движутся потоки глубинных флюидов [1].

По-видимому, необходимо дать определение, что мы будем понимать под термином «флюиды» – это циркулирующие в земных недрах растворы, а также воды, жидкие углеводороды и газы, с различной степенью их насыщения друг в друге в определенных термобарических условиях [2]. При этом, водные растворы в критическом и сверхкритическом состоянии превращаются в газы, таким образом, на

некоторой глубине флюиды могут существовать только в газообразном состоянии. Параметры воды в критическом состоянии следующие: температура – 646,9К, давление – 22,06 МПа, плотность – 322 кг/м³ [7]. Необходимо отметить, что сверхкритическая вода становится почти универсальным растворителем, а также довольно сильным окислителем – в этих условиях в воде растворяются почти все органические вещества, а также меняется растворимость неорганических веществ. Даже небольшое отклонение температуры и давления вблизи критической точки в воде могут полностью растворяться или, наоборот, осаждаться оксиды и соли. (Это, в первом случае, должно приводить к расширению трещин при движении восходящих потоков флюидов, а во втором – к сужению или полному заполнению трещин осаждающимся материалом). Сверхкритическая вода принимает неперенное участие в важнейших геологических процессах, в формировании земной коры, вулканической деятельности, в концентрировании минеральных веществ. Можно сказать, она сформировала геологический облик нашей планеты [7].

В работах, рассматривающих флюиды и их роль в различных процессах, обычно не затрагивают проблему их происхождения в недрах Земли. Лишь эндогенные флюиды (ювенильные воды) связывают с наличием воды в магме (небольшие проценты), которые отделяются из внедрившейся магмы в постмагматических процессах. Но в работе [6] и в ряде других образование вод Мирового океана связывается с поступлением воды из недр Земли и, в частности, отмечается увеличение интенсивности поступления глубинных вод во времени. В соответствии с результатами приводимых расчетов в настоящее время в год поступает в среднем около 1 мм слоя воды или свыше 500 км³.

Таким образом, как воды в недрах Земли, так и воды Мирового океана генетически могут быть связаны с восходящими потоками флюидов из мантии. Но если отнести источник поступления флюидов, включая газы, только за счет накопленных в магме, то величина восходящего потока флюидов должна уменьшаться во времени, а не увеличиваться. Только в рамках парадигмы расширяющейся Земли [8–10] имеется непрерывный источник пополнения запасов флюидов в недрах Земли и на ее поверхности.

В соответствии с указанными работами, наличие гравитационных сил связывается с поглощением Землей и другими небесными телами эфира из окружающего пространства, превращение его в недрах планет и звезд в весомую материю с увеличением их масс и размеров. Этот поток эфира, по-видимому, превращается в весомую материю в ее мантии. С ним в Землю поступает большое количество энергии (3.6 10²⁴ Дж/год), [16], которая превышает, высвобождающуюся при сейсмической и вулканической деятельности в недрах Земли (10¹⁸–10¹⁹ Дж/год) энергию [3], не менее чем на пять порядков. Огромное превышение поглощаемой Землей энергии над ее расходом, по всей видимости, обусловлено ее затратами на разрушение структур атомов и «элементарных» частиц, делением последних, с последующим восстановлением их до стандартных размеров и образованием новых атомов за счет превращения эфира в весомую материю. Указанный процесс может протекать при неустойчивости существующих динамических структур атомов, связанной с определенной плотностью нисходящего потока эфира и температуры окружающей среды. Этот поток приобретает свойства турбулентного потока, разрушающего устойчивость указанных выше ДС. С большей вероятностью рассматриваемый процесс должен порождать наиболее простые элементы – водород, гелий и другие (входящих в состав флюидов).

Большая изменчивость интенсивности геодинамических, в том числе и сейсмических, процессов во времени и пространстве, может быть обусловлена соответствующей неоднородностью процессов конденсации эфира в недрах Земли. В свою очередь, это может быть связано с космическими и земными факторами, в частности, возможностью отвода вновь образующейся весомой материи в форме восходящих потоков флюидов по проницаемым зонам к местам их разгрузки. Эти потоки могут являться одной из форм (гидравлической) передачи энергии из недр Земли вверх, обуславливая многие геодинамические процессы.

С рассмотренных позиций можно по-новому взглянуть и на формирование месторождений полезных ископаемых, связанных с эндогенными процессами. В частности, это относится к месторождениям углеводородов, по поводу происхождения которых имеется две концепции – органическая и неорганическая. Представители неорганической концепции связывают происхождение нефти и газа восходящими потоками флюидов из недр Земли (то есть с эндогенными процессами). Основной же постулат органиков – «нефть из жизни», аргументируя это сходством химического состава нефти и рассеянного органического вещества в осадочных породах.

Но образованию жизни на Земле должен предшествовать не биогенный синтез сложных органических веществ, из которых уже как кирпичиков формируется живые существа. В работе [11] рассматривается вариант происхождения жизни на Земле, исходящий из неорганической концепции, в которой уже образовавшая нефть (из глубинных флюидов), при выходе на поверхность земли, служат указанными выше кирпичиками. То есть неорганическая концепция является необходимой частью решения более общей мировоззренческой проблемы происхождения жизни на Земле, а не наоборот.

Литература

1. Павленкова Н.И. Флюидный режим верхних оболочек Земли по геофизическим данным // Флюиды и геодинамика. М.: Наука, 2006.
2. Якушин Л.М. Основные взгляды на формирование и эволюцию месторождений углеводородов и роль в этом процессе флюидодинамики // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2002. № 7.
3. Якушин Л.М. Проблема энергетических источников геодинамических процессов // Геология, геофизика и разработка нефтяных месторождений. 2001. №12.
4. Якушин Л.М. Формы проявления современных флюидодинамических процессов на месторождениях нефти и газа // Генезис нефти и газа. М.: ГЕОС, 2003.
5. Якушин Л.М. Флюидодинамическая обстановка на месторождениях газа до начала и при их эксплуатации. // Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть, газ и их парагенезы. М.: ГЕОС, 2008.
6. Орленок В.В. Глобальный вулканизм и океанизация Земли. Калининград: РГУ им. Канта, 2008.
7. Горбатый Ю.Е., Бондаренко Г.В. Сверхкритическое состояние воды // Сверхкритические флюиды. Теория и практика. 2007. № 2.
8. Ярковский И.О. Всемирное тяготение как следствие образования весомой материи внутри небесных тел. М., 1889.
9. Блинов В.Ф. Растущая Земля: из планет в звезды. М.: Едиториал УРСС, 2003.
10. Якушин Л.М. Физические поля и их взаимодействие между собой и веществом // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2007. № 4.

11. Якушин Л.М. Связь происхождения нефти и жизни на Земле // Дегазация Земли: геофлюиды, нефть, газ и их парагенезы в системе горючих ископаемых. Тезисы докладов Международной конференции, май–июнь 2006 г. М.: ГЕОС, 2006.

ЧЕРНЫЕ СЛАНЦЫ КАК «НАФТНО-ДАЧЕРНИЕ» ОБРАЗОВАНИЯ

Г.А. Беленицкая

Всероссийский научно-исследовательский геологический институт (ВСЕГЕИ),
Санкт-Петербург, Россия, ankudinovo@mail.ru

BLACK SHALE AS A «NAPHTHO-DAUGHTER» FORMATIONS

G.A. Belenitskaya

VSEGEL, Saint Petersburg, Russia, ankudinovo@mail.ru

Analysis of consequences of anthropogenic accidental oil outflows and their impacts on basin ecosystems has been made in terms of sedimentology. To the haloes correspond anomalous ecosystems, in which the death of pre-accident normal-basin assemblages is combined with the burst of microbial productivity biocenoses, which food chains are based on hydrocarbon-oxidizing bacteria. The sedimentation result of the oil outflow is “volley” accumulation of a lamina enriched in organic matter of “naphthogenic” origin. This allows us to consider naphthogenic sediments as anthropogenic homologue of black shale.

Черные сланцы находятся на пересечении научных и практических интересов многих геологических дисциплин – палеоэкологии, событийной стратиграфии и минерагии, нефтегазовой геологии и др., но вопросы их генезиса остаются весьма противоречивыми и спорными. В сообщении к их расшифровке привлечена информация о техногенных аварийных разливах нефти и их эколого-седиментационных следствиях.

Термин «черные сланцы» традиционно применяется по отношению к водно-осадочным отложениям, значительно обогащенным сингенетичным сапропелевым ОВ, от 1–2 % до 20–30 % и более, обычно темным до черных, преимущественно пелитоморфным, с карбонатно-глинисто-кремнистым составом минеральной массы, нередко с характерным микрослойчатым сложением, часто с повышенной металлоносностью (Я.Э. Юдович и др.). Разновидности, наиболее обогащенные ОВ (до 10–20 % и более) и содержащие свободные битумы, определяющие их горючесть, принято называть «горючими сланцами». Характерен и ряд других важных особенностей (А.И. Гинзбург, Н.В. Лопатин, С.Г. Неручев, Г.М. Парпарова, Я.Э. Юдович и др.): преобладание в составе ОВ клеточно-микробных или бесструктурных масс со скудной и однообразной макро- и мезобиотой; наличие в основании пограничных захоронений, в том числе прижизненных; резкость и выдержанность границ; сочетание сравнительно ограниченной мощности с широким региональным (до глобального) распространением и др. И при этом – устойчивая встречаемость от глубокого докембрия до настоящего времени с сохранением типоморфных признаков. Чрезвычайно важны связь с уровнями сланцеобразования разномасштабных биосферных перестроек, кризисов, вымираний

(С.Г. Неручев) и их разнообразнейшая и богатейшая минерально-сырьевая «продуктивность» – и рудная и нефтегазовая.

В проблеме генезиса черных сланцев ключевым и наиболее спорным является вопрос о причинах «внезапного» появления (а затем – исчезновения) аномально высоких концентраций ОВ. Можно выделить две основные версии. Представители одной, традиционной, объясняют массовое накопление ОВ оптимальным сочетанием *благоприятных* глобальных и региональных факторов (эвстатических, гидрологических, климатических и др.), определивших вспышки продуктивности «нормально-бассейновых» биоценозов; возникшее же в итоге «перепроизводство» биомасс считается причиной эвтрофикации водоемов, способствующей сохранению ОВ в осадках. Представители альтернативного направления предполагают в качестве их главной причины *стрессовые* воздействия интенсивных разгрузок восходящих флюидов, вызывающих вспышки развития цианобактериальных сообществ. Наиболее известна модель С.Г. Неручева (1978, 2007), в которой акцент делается на поступления урана и других металлов. В рассматриваемой нами модели этой же группы (Г.А. Беленицкая, 1979–2010) определяющая роль отводится присутствию в составе разгрузок УВ – нефтей, газов, нефтяных вод, часто металлоносных. В связи с анализом этой модели предпринята попытка проведения сравнительных эколого-седиментологических сопоставлений с техногенными разливами нефти, которые ныне изучены лучше, чем естественно-природные разгрузки, и охарактеризованы в специальных монографиях и публикациях в периодических изданиях и на сайтах Интернета. Систематические исследования выполнены А.Нельсоном-Смитом и И.А. Немировской.

Наиболее масштабные разливы нефти происходят при авариях на нефтяных супертанкерах, буровых платформах, фонтанирующих скважинах, трубопроводах и т.д. С момента поступления нефти в водную среду интенсивные процессы ее физико-химических превращений образуют широкий спектр компонентов (С.А. Патин, Ю.И. Моница, В.М. Гольдберг, И.А. Немировская и др.): летучие и водорастворимые, нефтяные пленки и слики, водонефтяные эмульсии, нефтяные «агрегаты», обволакивания, налипания и сорбция на взвешенных частицах и, наконец, тяжелый погружающийся остаток. Каждый из них создает обширнейшие подвижные «ореолы влияния», аналоги природных околоочаговых ореолов, вместе достигающие гигантских размеров – десятков тысяч км² и более. Аварийные разливы безусловно являются мощным фактором воздействия на бассейновую среду, по характеру и масштабу очагов разгрузки, их ореолов и другим показателям сопоставимым с природными локализованными восходящими разгрузками. Особенности их пространственно-временного распространения и масштабы аналогичны типичным для размещения в осадочных разрезах черносланцевых комплексов.

Экологические следствия разливов наиболее масштабны и многообразны. Разрушая и уничтожая существующие «нафтофобные» бассейновые биоценозы, они формируют новые, «нафтофильные»; небольшая часть биоценозов обнаруживает относительную нейтральность – устойчивость или приспособляемость. Для основной массы аборигенных обитателей, прежде всего их макро- и мезоформ, нефтяной разлив – своеобразный «нефтяной биоцид», а его вещественное следствие – множество захоронений (будущих тафоценозов). Всего одна тонна нефти вызывает заморы на площади до 10 тысяч км². Стрессовые воздействия разных компонентов распада нефти так или иначе затрагивают всю паутину тро-

фических и энергетических связей, нарушая их структуру и экологический баланс в целом (А.В. Цыбань, А.И. Симонов и др.).

Гибель нафтофобов сопровождается расцветом нафтофильных сообществ УВ-окисляющих микроорганизмов, которые жадно «утилизируют» нефть, одновременно накапливая новое «микробное» ОВ. Способность микроорганизмов разлагать и утилизировать нефть присуща многим группам микроорганизмов, для которых эти процессы являются источником и энергии и вещества (Г.А. Могилевский, Г.А. Заварзин, М.В. Гусев, В.В. Ильинский, Т.Л. Симакова, Е.П. Розанова, С.И. Кузнецов, А.А. Оборин, Н.С. Огняник, Н.М. Исмаилов и др.). К микробному окислению чувствительны все виды природных нефтей, хотя устойчивость их компонентов различна. Бактерии, «питающиеся» нефтью, образуют начальные звенья пищевых цепей, доминантой которых становятся микробные альго-цианобактериальные симбиотические сообщества, потребляющие как продукты трансформации нефти, так и самих трансформаторов. Именно эти сообщества, утилизируя нефтепродукты, определяют взрывной рост биопродуктивности с накоплением в итоге микробных масс и продуктов неполной биотрансформации УВ. Т.е. они переводят нефть (во всяком случае значительную ее часть) в биомассу, а затем в некромассу – в ОВ будущих черных сланцев. В природных водных средах микроорганизмы, способные окислять УВ, присутствуют повсеместно, являясь по сути «всюдными», хотя «до поры» слабо активными членами экосистем. При поступлении же УВ – источника и энергии и пищи – они резко активизируются. Уже через несколько суток счет клеткам идет на миллиарды (в мл), обеспечивая стремительный рост скорости и эффективности процессов утилизации нефти и производства микробной биомассы, которые локализуются в пределах нефтяных пленок и других нафтогенных биотопов, превращая их в инкубаторы нафтогенных микробиоценозов. Таким образом, ликвидация нефтяных УВ и накопление микробной биомассы – два ключевых процесса обсуждаемой модели, в которых микроорганизмы служат биологическим инструментом перевода минеральных «неживых» форм углерода в биологические «живые».

Длительность, скорость и завершенность процессов биodeградации нефти контролируются наличием и количеством ряда компонентов: УВ, кислорода (в аэробных условиях), сульфатов, нитратов (в анаэробных) и элементов-биогенов. Соотношения этих компонентов могут широко варьировать, определяясь скоростями их пополнения и расходования. Но при любых соотношениях чрезмерное лавинообразное воспроизводство их потребителей делает неминуемым исчерпание резерва хотя бы одного из этих компонентов и, как итог, – кризис теперь уже нафтофильных биоценозов, их мор и массовые «захоронения» микробных некро-масс.

Нафтофилов сопровождают «спутниковые» сообщества, использующие появившиеся сравнительно легко усваиваемые производные нефти, а иногда и накапливающие их «избыточные» количества, условно можно выделить три их разновидности: 1) фитобентосные – преимущественно макрофиты, в том числе наиболее частые и изученные бурые водоросли, 2) зоопланктонные и зоонектонные, 3) «производители» продуктов жизнедеятельности и ее следов (ползания, зарывания и др.). Все они сходны с характерными сообществами черных сланцев.

Главный седиментационный итог нефтяного разлива – тонкий слой темных отложений с повышенным содержанием ОВ нафтогенной природы (в среднем 6-

9,5 %, до 15,1 %), илистых в глубоководных обстановках и более грубозернистых в прибрежных. Его характерные черты: однородное, неравномерно комковатое или хлопьевидное сложение, наличие нефтяных сгустков, пленок, обволакиваний частиц, резкие ограничения, субгоризонтальное залегание и прерывисто-региональное распространение. По микросложению в составе ОВ можно выделить две структурно-морфологические разновидности: 1) количественно преобладающая относительно гомогенная органическая (органо-глинистая) масса – клеточно-микробная альго-циано-бактериальная и «бесструктурная» коллоидальная; 2) форменные макроэлементы, неравномерно рассеянные или образующие разные типы скоплений: нефтяные «агрегаты» (сгустки остаточной нефти, похожие на распространенные во многих черносланцевых комплексах выделения твердых битумов) и органогенные образования (захоронения доварийных биоценозов, чаще всего сосредоточенные, как и в черных сланцах, в подстилающих отложениях). В накопившемся осадке оказываются сближенными или даже смешанными биоиндикаторы совершенно разных условий: и нормально-бассейновых (доварийных), и самих кризисов-аварий, и новообразованных экстремальных (непосредственно поставарийных нефтогенных). Именно такого рода смешение биоиндикаторов контрастных обстановок, характерное для черных сланцев, как раз и является одной из причин неоднозначности их генетической интерпретации.

Нафтогенная природа захораниваемого ОВ проявляется и в ряде специфических макро-, микро- и нанохарактеристик ОВ, причем именно тех, которым в моделях генезиса черных сланцев обычно придается ключевая роль. Это – повышенные содержания липидов, УВ, водорода, а также изотопный состав углерода ОВ.

Примеси в нафтогенных осадках минеральных аутигенных новообразований (карбонатов, сульфидов и др.), из-за «мгновенности» их отложения, незначительны. Обогащение же микроэлементами зависит от микроспециализации нефтей и особенно сопровождающих их «нефтяных» вод. Основными носителями микроэлементов в осадке являются смолы и асфальтены, накапливающиеся главным образом в агрегатных и остаточных продуктах деградации нефтей (Ю.И. Пиковский). Их набор и характер распределения близки обычным для черных сланцев.

Геологически мгновенное осаждение ОВ, согласованность появления и исчезновения в осадке изменений и аномалий определяют синхронность слойка, его дискретность и сравнительную контрастность границ. А это – предпосылки возникновения (в случае повторяемости разливов) тонкой горизонтальной слойчатости – важного текстурного признака сланцев. Структурные и микроструктурные особенности определяются типами слагающих микрокомпонентов и их соотношениями. Пространственные характеристики слойка отражают характер ореолов влияния нефтяных разливов – их «обширность», относительную афациальность и др.

На раннедиагенетической стадии в ходе преимущественно анаэробной бактериальной трансформации расходуется 20-25% от исходного ОВ и около 30 % УВ (И.А. Немировская). При этом вероятно пополнение микробной массы новыми бактериальными участниками (нефтеокисляющими, сульфатредуцирующими и др.), а также ее частичное сокращение в ходе деструкционных процессов.

Сходство признаков и микропризнаков нафтогенных осадков с типоморфными для черных сланцев позволяет рассматривать как их техногенный гомолог. В пользу справедливости нафтогенной модели свидетельствуют сопоставимость эколого-седиментационных следствий техногенных разливов с наблюдаемыми на современных природных очагах разгрузки УВ-содержащих флюидов (например,

А.Ю.Леин, М.В.Иванов и др.), а также некоторые результаты проверки ее приложимости к конкретным черносланцевым палеоситуациям разных регионов (Г.А. Беленицкая и др.). Вместе с тем, очевидна необходимость детального регионального анализа сланцев как древних гомологов нафтогенных осадков с одновременным поиском признаков и свидетельств былых масштабных разгрузок УВ, синхронных их накоплению.

Результаты проведенных сопоставлений могут способствовать не только познанию черных сланцев. Возможны и обратные сопоставления: расшифровка летописи былых нефтяных катастроф и их следствий, зафиксированной в черных сланцах, – путь к раскрытию эффективных способов борьбы с ними самой природы.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты 07-05-00907-а, 09-05-11511-с).

CHANGES IN THE CASPIAN SEA LEVEL ASSOCIATED WITH THE HISTORICALLY RECORDED ERUPTION EVENTS IN RUSSIA (CAUCASIA) AND TURKEY

V.A. Alekseev¹, N.G. Alekseeva¹, M.G. Daniyalov²

1. The Troitsk Institute of Innovation and Thermo Nuclear Investigations, Puschkova str. 1, Troitsk, 142190; Moscow reg., Russian Federation. lilialeks@yandex.ru, ANI.TU@mail.ru

2. Dagestan Section of Russian Academy of Sciences, Russian Federation, Makhachkala, Belinskogo St., 16. daniyalov@posta.ru

Keywords: tectonic activity, volcanism, Caspian Sea, sea-levels

Caucasus Mountains fall on the junction of Eurasian, Anatolie and Arabian plates. These are a series of faults where seismic activity is enhanced and volcanic eruptions happen at the discrete points of historical time. At the present time, the Caucasus volcanoes are dormant. But during the dormant state (interval between two bursts may be hundreds or thousands years) they can store potential energy. Eruption due to liberation of this energy will be very dangerous especially because of its suddenness after long interval of the dormancy. Forecasting of these eruptions is indispensable because Caucasia is a densely populated area. Historical material presented in this report indicates a way to prognosis management.

Some whens of volcano-eruptions also as earthquakes in environs of the volcano were recorded in chronicles [Bogatikov et al., 2003; Rogozhin, 2004]. On the other side, change of the level-height of the Caspian Sea in time is known [Bolgov, 2007]. These data are converged together in Figure. We see that the eruptive-seismic events agree closely with the intervals of the minimal level-height of the Caspian Sea.

This phenomenon may be explained as a consequence of the convective motion existing in the mantle. Influence of this motion on processes near the Earth' surface should be most pronounced in the areas where the Earth' surface is not separated from the mantle by a solid plate. One of such areas is Caucasia falling on the junction of three plates. An intensification of the convection corresponds, in places, to the intensification of matter motion up (there, the eruptive-seismic activity will be increased) and,

simultaneously, to the intensification of matter motion down in other places (where the sea-level height will be lower).

Furthermore, according to Alekseev & Getling (1979), in the mantle convective cell, there are a matter motion down at the center of and up on its periphery. Here, we can conclude that the center of a convective cell is disposed under the Caspian Sea.

Figure demonstrates smooth trend of the level-height curve whereas the character of the changes in eruptive-seismic activity corresponds to sudden energy liberation events. The passage of the curve through a maximum may be considered as extremely early warning precursor of subsequent sudden energy liberation in one or in several Caucasus dormant volcanoes.

When this precursor has already declared itself, in order to know the state of each dormant volcanoes, a detailed but “come-at-able” method of a monitoring is required.

I think, the method of measuring the hydrogen and aerosol degasation flows is appropriate.

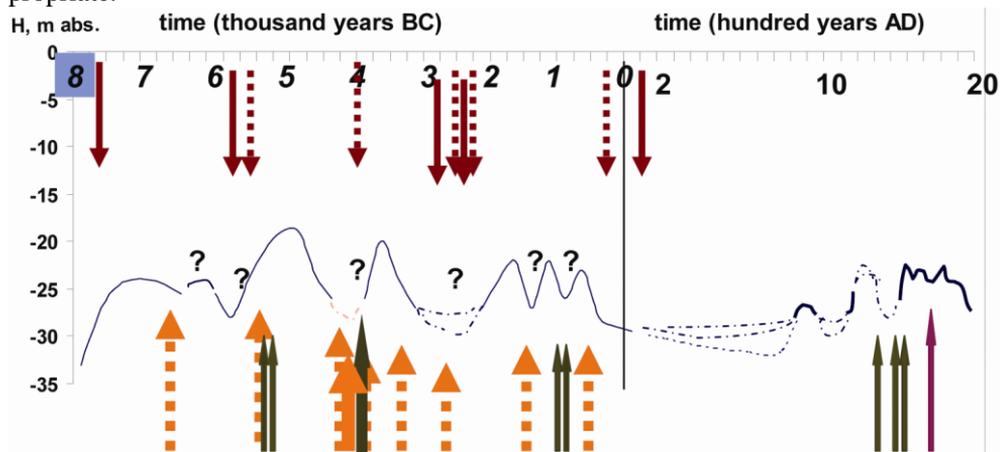


Fig. Time-variations in the level-height of the Caspian Sea (blue curve). Solid (dashed) arrows indicate the whens of eruption (seismic) events on the sites of four volcanoes: Elbrus (red), Kazbek (yellow), Nemrut Dag (green) and Ararat (lilac)

Enhancement of these flows enabled Alekseev, Alekseeva et al. [1995] to notice the future eruption of volcano Avachinskii (Kamchatka) one month prior to the energy liberation, this method being the only successful in prediction of the given eruption. Now, we promote this method for monitoring dormant volcano Elbrus.

References

Alekseev V.A., Alekseeva N.G et al. (1995). Aerzolnyi predvestnik izvergeniya Avachinskogo vulcana v yanvare 1991 g. [Aerosol precursor of volcano Avachinskii eruption in 1991]. Doklady Rossiyskoy Akademii nauk [Reports of the Russian Academy of Sciences] 345(5): 667-670. (In Russian)

Alekseev V.A., Getling A.V. (1979) On the character of convective motions in the Earth's mantle // High pressure science and technology. Sixth Airarpt Conference. V. 2 Plenum Press. P. 231-236.

Bogatikov O.A., Rogozhin et al. (2003) Drevnie zemletryaseniya i vulcanicheskie izverzheniya v raione Elbrusa [Ancient earthquakes and volcanic eruptions in the area of Mt. Elbrus].

Doklady Rossiyskoy Akademii nauk [Reports of the Russian Academy of Sciences] 390(4): 511-516. (In Russian)

Bolgov M.V., Krasnozhen G.F., Lyubashin A.A. (2007) Kaspiiskoe more: ekstremal'nye gidrologicheskie sobyyiya [The Caspian Sea: Extreme hydrological events]. Moscow. RAN.

Rogozhin E.A., Gurbanov A.G. et al. (2004) O sootnoshenii proyavleniya ztletryaseni, vulkanizma i katastroficheskikh pulsatsii lednikov Severnoi Osetii v golotsene [Relations between earthquakes, volcanism and catastrophic pulsations of the glacial sheets of the North Ossetian in holocene]. Vestnik Vladikavkazskogo nauchnogo tsentra [Reports of Vladicaucas scientific center] 4 (3): 41-50.

ON THE METHANE ORIGIN IN THE BLACK SEA

V. A. Alekseev¹, N. G. Alekseeva¹, M. G. Daniyalov², G. G. Matvienko³

1. Troitsk Institute of Innovation and Thermonuclear Research, Pushkova st., 1:
Troitsk, 142190 Moscow Region, Russian Federation, ANITU@mail.ru

2. Dagestan Branch, GS RAN, Brlinskogo, 16, Makhachkala, Russian Federation,
uuball12@ball12.dagestan.su

3. Institute of Optics of the Atmosphere, SO RAN, Akademicheskaya 1, 634055 Tomsk,
Russian Federation, mgg@iao.ru

Gases and solid particles come from the Earth's depths into the atmosphere and hydrosphere through the Earth's surface. In the zones of deep-seated faults, these flows are abruptly intensified; therefore, active faults can be considered as sources of a substance from depths. Hydrogen, which comes from large depths, initiates formation of methane and hydrogen sulfide during the interaction with rocks [1, 2].

Several mud-volcano provinces and related gas hydrates, which are generated under certain thermodynamic conditions of temperature and pressure, are confined to faults at the Black Sea bottom. It is difficult to study the processes of gas inflow in water because gases are rapidly dissolved, diluted, and assimilated by the ecosystem. Therefore, similar terrestrial sources, magmatic and mud volcanoes, and tectonically active faults can be considered as models of sources of gas inflow and behavior.

The experimental modeling performed at laboratory indicated that heavy hydrocarbons are synthesized at depths of 100 km in the mantle. These hydrocarbons form the basis of oil and gas fields in the Black Sea. Hydrogen coming from depths binds rock sulfur and produces hydrogen sulfide [3].

The following our studies can be considered as a model of the processes that proceed in the Black Sea: (1) Long-term observations of a change in the composition and relationship between mud-spring hydrocarbon gases, CO₂ and CH₄, at the Taman mud volcanoes. (2) Studying changes in the carbon and hydrogen isotopic composition in mud-spring gases. (3) Continuous measurements of hydrogen, hydrogen sulfide, and aerosol flows at the Dagestan seismic station. Several weak earthquakes occurred during the studies. The regime of continuous observations made it possible to determine gas flow variations and obtain earthquake precursors.

Figure 1 illustrates variations in the concentrations of aerosol (ASC), hydrogen, and hydrogen sulfide at the Dagestan seismic station. A seismic shock is marked by an arrow.

As a result of the performed studies, we can draw the following conclusions:

(1) Gases that come from mud volcano springs are characterized by unstable isotopic compositions of hydrogen and hydrogen sulfide, chemical composition, and relationship between different hydrocarbons. When gas samples were taken from the same mud springs, the range of parameter variations (δC_{13}) reached 35–20 and 7–17 ppm for CH_4 and CO_2 , respectively. The rate of variations in the hydrogen isotopic composition reached 0.12 and 1.7 ppm per minute for CO_2 and CH_4 , respectively. The effects of variations in the gas chemical and isotopic compositions will be especially strong during the intensification of tectonic processes in the entire Caucasus and in its northwestern region. The studies of the carbon and hydrogen isotopic composition indicate that these gases originated at depths of mud volcanoes.

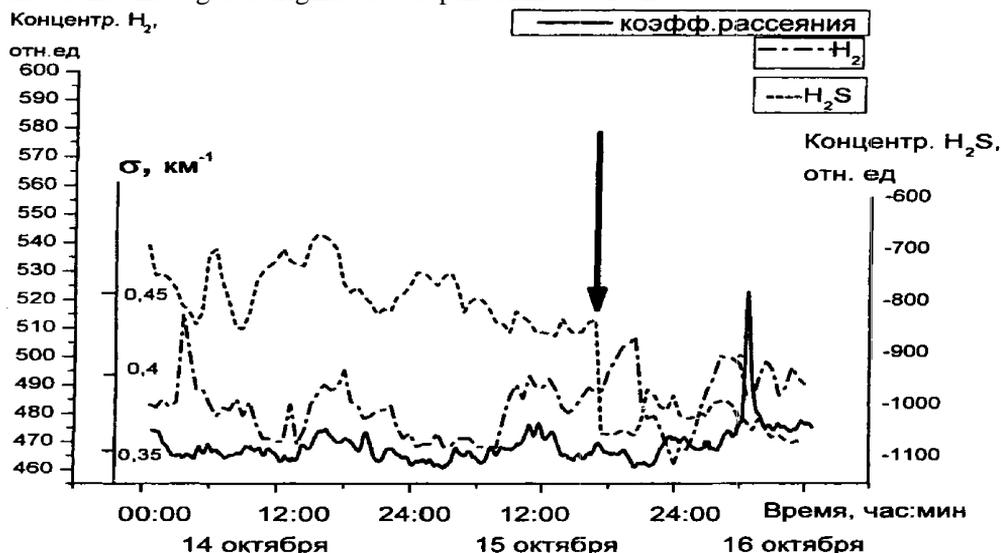


Fig. 1. The variations in the aerosol scattering coefficient (ASC) during October 14–16, 2001, and the daily variations in the hydrogen and hydrogen sulfide concentrations

(2) Continuous observations at the Dagestan seismic stations indicated that flows of tectonic aerosol from depths show diurnal variations related to tidal waves and seismic processes. Hydrogen and hydrogen sulfide concentrations can vary both synchronously and in antiphase. Before an earthquake, flows of aerosol and hydrogen synchronously increase, and a flow of hydrogen sulfide decreases. In this case aerosols are the most sensitive precursor.

(3) The Black Sea water body accumulates gases, coming from depths, during dilution and formation of gas hydrate fields, whereas these gases are rapidly scattered in the atmosphere. Therefore, the Black Sea can be considered as a promising source of energy.

References

1. *Alekseev V.A., Alekseeva N.G., Voitov G.I.* New Data on the Carbon Isotopic Composition of Carbonaceous Gases of Certain Mud Volcanoes in the Taman Mud Volcano Province // Dokl. Akad. Nauk. 2000. Vol. 371, N 2. P. 227-230.
2. *Alekseev V.A., Alekseeva N.G., Murav'ev Ya.D., Biryukova T.P., Kuznetsov I.P.* Aerosol Precursor of the Avacha Volcano Eruption in January 1991 // Dokl. Akad. Nauk. 1995. Vol. 345, N 5. P. 667-670.
3. *Kenney J.F., Kutcherov V.G., Bendeliani N.A., Alekseev V.A.* The Genesis of Hydrocarbons and the Origin of Petroleum // ANNO XXI 2001. N 3. Energiya. P. 36-43.
4. *Alekseev V.A., Alekseeva N.G.* Investigation of Metal Transfer in the Biosphere during Gaseous Emission in Zones of Tectonic Activity Using Methods of Nuclear Physics // Nucl. Geophys. 1992. Vol. 6, N 1. P. 99-110.
5. *Alekseev V.A., Alekseeva N.G., Ischankuliev J.* On Relation between Fluxes of Metals in Waters and Radon in Turkmenistan Region of Seismic Activity // Radiat. Meas. 1995. Vol. 25, N 1-4. P. 637-639.

MAIN DIRECTIONS OF STUDIES IN GEODYNAMICS AND PLANETODYNAMICS

Yu.V. Barkin

Sternberg Astronomical Institute, celestial mechanics and gravimetry department,
Moscow, Russian Federation (barkin@inbox.ru, 07-495-9328841)

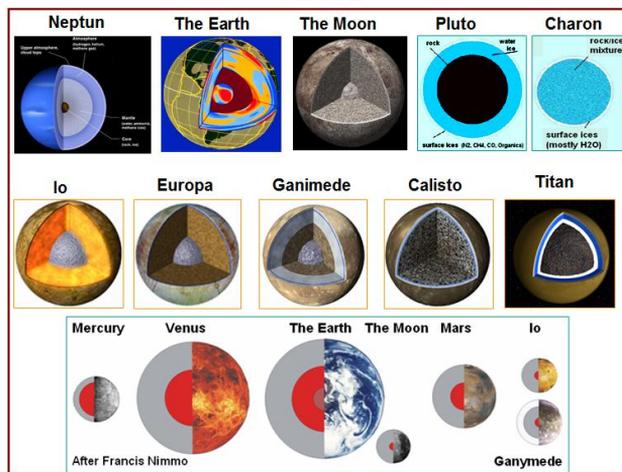
Abstract. From positions of geodynamic model of the forced gravitational relative swing, wobble and displacements of shells of a planet the fundamental problems of geodynamics, geology, geophysics, planetary sciences are studied and solved and suggested new directions of studies of dynamics and evolution of solar system bodies: 1) The mechanism (non-classical) of cyclic variations of activity of natural processes in various time scales and unity of their spectrums. 2) The power of endogenous activity of planetary natural processes on planets and satellites. 3) The phenomenon of polar inversion of natural processes on planets and satellites. 4) Spasmodic and catastrophic changes of activity of natural processes. 5) The phenomenon of twisting of hemispheres (latitude zones or belts) of celestial bodies. 6) Formation of the pear-shaped form of celestial bodies and the mechanism of its change. 7) The ordered planetary structures of geological formations. 8) The phenomena of bipolarity of celestial bodies and antipodality of geology formations. These directions of studies have been mentioned and predicted by author [1] and have obtained wide list of confirmations in modern studies of solar system bodies. The mentioned phenomena in the course of time will obtain new confirmations in dynamics of planets and satellites both in Solar and exoplanet systems.

Mechanism. The fundamental feature of a structure of celestial bodies is their shell structure (Slide 1). The most investigated is the internal structure of the Earth. For the Moon and wide set of other bodies of solar system models of an internal structure have been constructed on the basis of the data of observations obtained at studying of their gravitational fields as a result of realization of the appropriate space missions. The basic components for the majority of celestial bodies are the core, the mantle and the crust. To other shells we concern atmospheres (for example, at Venus, Mars, the Titan etc.) and oceanic shells (the Titan, the Earth, Enceladus etc.). Shells are the complex

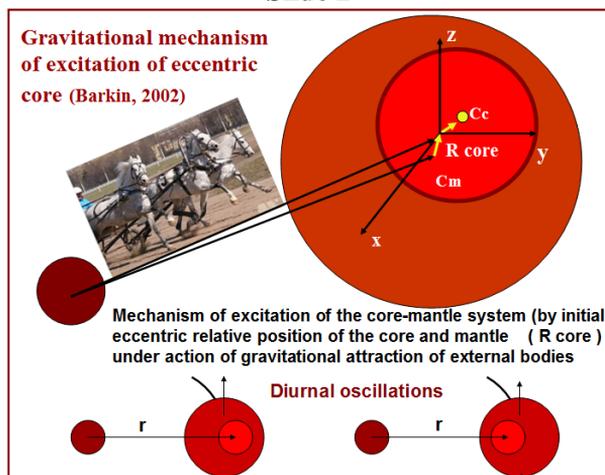
(composite) formations. Planets and satellites are not spherical celestial bodies. The centers of mass of shells of the given planet (or the satellite) and their appropriate principal axes of inertia do not coincide. Accordingly, all their shells are characterized by the certain dynamic oblatenesses. Differences of dynamical oblatenesses results in various forced influences of external celestial bodies on shells of the given body. Dynamical oblatenesses of shells, thus, characterize the endogenous activity of a planet by external celestial bodies. Other important factor of endogenous activity of a planet is an eccentric position of the centers of mass of the shells (for example, of the core and the mantle). The eccentricity of the shells is inherited during geological evolution of a planet as system of shells ([1], see slide 2). Parameters of eccentricity of the Earth, The Moon, Mercury, Titan, Mars, Venus are illustrated on slide 3.

Our studies have shown that eccentricity of the shells of celestial bodies are the main reason of the more effective excitation of the shells by gravitational influence of another celestial bodies. Here it is observed clearly an influence of non-inertiality of the system of shells (for example of the Earth in Solar system) on their relative

Slide 1



Slide 2

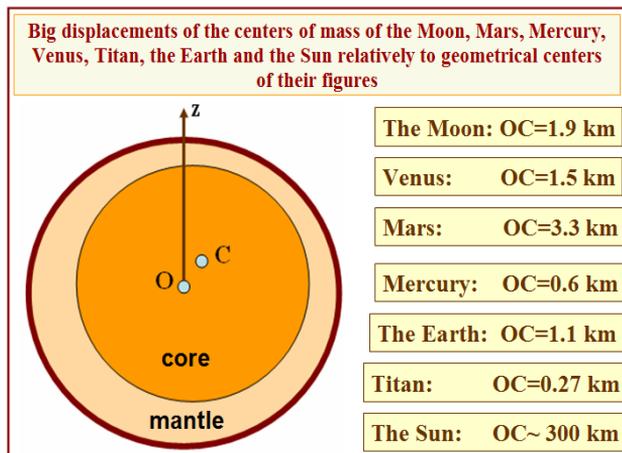


translational displacements and oscillations. Of course mentioned oscillations of the shells lead to cyclic variations of tension states of all layers of the planet, to activation or passivization of processes of generation of warm and heat flows to top layers of the Earth. And as result it leads to variations of activity all natural processes with define fundamental properties which are illustrated on slide 4.

As it was shown in our papers the polar character of main oscillations of the core-mantle system leads to high activation of processes in polar regions of the planets and satellites [1, 2]. We believe that discussed mechanism is the main factor of formations of the polar fluid deposits on the Earth, Mars and another planets and satellites. The polar ice deposits are the relict results of action of mechanism of core-mantle oscillations. Simple illustrations to activity of processes and ice-water concentrations on the some planetas and satellites are given on slides 7 and 8.

Consequences of excitation of the Earth system. The new tides [Barkin, 2005] are caused by relative displacements of the core and mantle. These displacements are reflected in variations of many natural processes due to gravitational action of the core.

Slide 3



Slide 4

Известия
СЕКЦИИ НАУК О ЗЕМЛЕ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК
2002
ВЫПУСК 9
МОСКВА

Barkin Yu.V. (2002) Explanation of endogenous activity of planets and satellites and mechanism of its cyclicity, pp. 45 – 97. In Russian.

- Cyclisity.**
- Energy.**
- Inversion.**
- Unity.**
- Synchrony.**
- Steps.**
- Order.**
- Twisting.**
- Universality.**

The displacing core causes deformations of all layers of viscous-elastic mantle. In the given work from more general positions the mechanisms of excitation of a system of shells of the Earth under action of a gravitational attraction of the Sun, the Moon and planets, the phenomena of their relative swings, translational displacements and turns relatively from each other, and the wide list geodynamical consequences of the specified excitation of the Earth are studied. At once we shall emphasize, that the developed geodynamic model has allowed to carry out the important dynamic researches of displacements of shells of the Earth, their deformations and changes, and variations of its natural processes and for the first time to explain the nature of such fundamental phenomena and processes in geodynamics, geology and geophysics as: cyclicity of natural processes and its mechanism; power of processes in various time scales; unity of cyclic processes and universality of their frequency bases; synchronism of geodynamic, geophysical, biophysical and social events; inversion, contrast and opposite directed changes of activity of natural processes in opposite hemispheres of the Earth; step-by-step variations of natural processes, sawtooth course of activity of natural processes in various time scales; orderliness in an distribution of geological

Slide 5

The solution of a problem about relative translational oscillations of the core and mantle of the Earth, caused by eccentricity of the core and a lunar-solar gravitational attraction (Barkin, 2001)

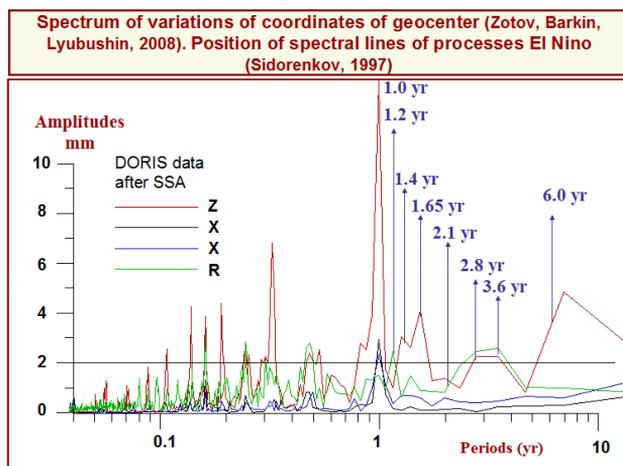
$$\begin{aligned}
 x &= \sum_{\nu} x_{\nu} \cos(\Theta_{\nu} + \lambda) + y_{\nu} \cos(-\Theta_{\nu} + \lambda) + \sum_{\tau} \sum_{\nu} X_{\nu}(\tau) \cos(\tau\Theta_{\nu} - 2S - \lambda) + Y_{\nu}(\tau) \sin(\tau\Theta_{\nu} - S), \\
 y &= \sum_{\nu} x_{\nu} \sin(\Theta_{\nu} + \lambda) + y_{\nu} \sin(-\Theta_{\nu} + \lambda) + \sum_{\tau} \sum_{\nu} X_{\nu}(\tau) \sin(\tau\Theta_{\nu} - 2S - \lambda) - Y_{\nu}(\tau) \cos(\tau\Theta_{\nu} - S), \\
 z &= \sum_{\nu} z_{\nu} \cos(\Theta_{\nu}) + \sum_{\tau} \sum_{\nu} Z_{\nu}(\tau) \sin(-\tau\Theta_{\nu} + S + \lambda),
 \end{aligned}$$

where

$$\begin{aligned}
 x_{\nu} &= \frac{3\rho_0 B_{\nu} N^2}{2[(\Omega_{\nu} + \omega)^2 - k^2]}, & y_{\nu} &= \frac{3\rho_0 B_{\nu} N^2}{2[(\Omega_{\nu} - \omega)^2 - k^2]}, & z_{\nu} &= -\frac{6z_0 B_{\nu} N^2}{\Omega_{\nu}^2 - k^2}, \\
 X_{\nu} &= \frac{3\rho_0 D_{\nu}(\tau) N^2}{2[(\tau\Omega_{\nu} - \omega)^2 - k^2]}, & Y_{\nu} &= \frac{3z_0 C_{\nu}(\tau) N^2}{2[\Omega_{\nu}^2 - k^2]}, & Z_{\nu} &= -\frac{3\rho_0 C_{\nu}(\tau) N^2}{(\tau\Omega_{\nu} - \omega)^2 - k^2}
 \end{aligned}$$

$$\Theta_{\nu} = \nu_1 l_M + \nu_2 l_S + \nu_3 F + \nu_4 D + \nu_5 \Omega, \quad \Omega_{\nu} = \nu_1 n_M + \nu_2 n_S + \nu_3 n_F + \nu_4 n_D + \nu_5 n_{\Omega}$$

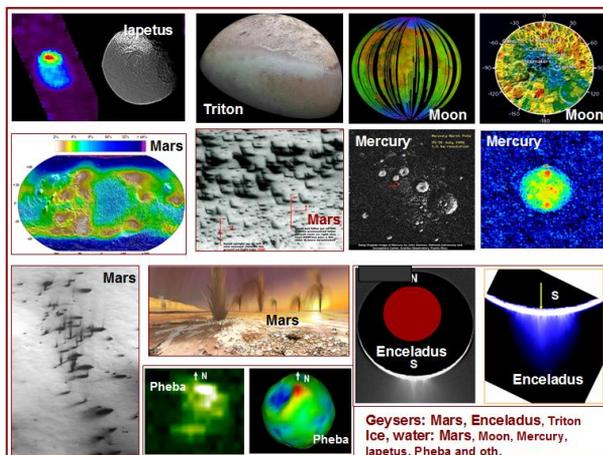
Slide 6



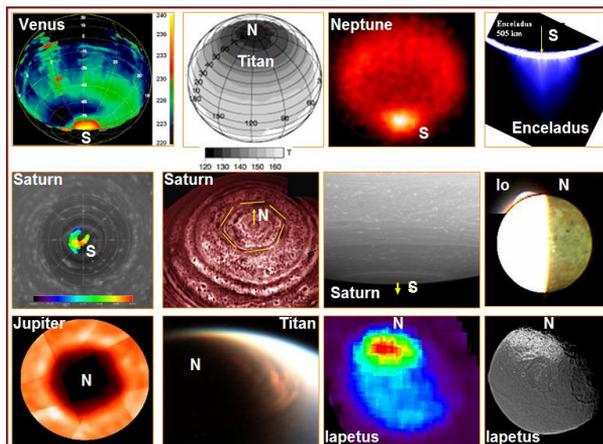
formations on the Earth, planets and satellites; existence of antipodal formations on planets and satellites; the phenomenon of twisting of hemispheres of bodies of solar system, twisting of layers and latitudinal zones of shells of celestial bodies including inner layers and shells, etc. All the specified phenomena from the resulted list to some extent are discussed in the given work and illustrated on the basis of modern researches in Earth's sciences and the researches executed by means of space missions. In a complex, the executed researches have shown universality of discussed mechanisms and their important role in dynamics and geoevolution of planets and satellites in other planetary systems, and also stars and pulsars with the systems of planets (Barkin, 2009).

Slide 5 presents a structure of variations of the coordinates of the core of the Earth (w.r.t. mantle reference system with origin in center of mass of the mantle) due to gravitational influence of the Moon (and the Sun). Wide spectrum of frequencies Ω_H are given by the combination of the known frequencies of lunar orbital theory. Θ_H are combinations of basical arguments of the orbital motion. S is the angle of the Earth axial rotation with angular velocity ω . B_H , C_H and D_H are classical functions of inclination of the axis of rotation of the Earth ρ . k^2 is a parameter of elastic interaction

Slide 7



Slide 8



of the core and mantle in simple model of spherical core and mantle separated by elastic layer. If the core-mantle oscillations in reality have place it means that in position of center of mass of the full planet (the Earth) we must observed the space-temporal oscillations with identical basis of frequencies. Slide 6 illustrates this predicted phenomenon. In reality the center of mass oscillates with frequencies which are observed in wide set of natural processes [1, 2].

Slides 7 and 8 illustrate polar activity in fluid concentration on polar regions of planets and satellites. It means that mechanism of polar relative oscillations of the core-mantle system for these bodies works actively. These phenomena give additional arguments about presence of fluids and concentration in high northern and southern latitudes in polar areas (including the oil and gas).

References

1. *Barkin Yu.V.* An explanation of endogenous activity of planets and satellites and its cyclisity. *Isves. sekcii nauk o Zemle Ross // Akad. Ectestv. nauk. Vyp. 9. M.: VINITI, 2002. P. 45-97. In Russian.*

2. *Barkin Yu.V.* (2009) Moons and planets: mechanism of their life // *Proc. of Intern. Conf. "Astronomy and World Heritage: across Time and Continents"* (Kazan, 19-24 Aug. 2009). KSU. P. 142-161.

DEEP STRUCTURE, GEODYNAMIC AND FLUIDS IN THE TARIM – TIEN SHAN JUNCTION ZONE ACCORDING MAGNETOTELLURICS AND SEISMICS DATA

E.A. Bataleva, V.Yu. Batalev, A.K.Pybin, V.E. Matyukov

Institution of the Russian Academy of Sciences Research Station RAS in Bishkek-city, Bishkek-49, Kyrgyzstan, 720049

Comparing conductivity model with a wave speeds model we have found objects that have anomalous features in both models. These objects are located in the Tarim – Tien Shan junction zone at the depth 20–30 km; resistivity of the objects is decreased to 5–10 Om^*m relatively to outer rocks with resistivity of 500–1000 Om^*m . Seismic velocities of the obtained anomalies decrease to 5–6 km/s relatively to 6–6.5 km/s in the outer rocks. Temperatures in the deepest part of the anomalies come up to 600–650 °C.

Qualitative analysis of seismic velocity data and electromagnetic experiments collocated along the “MANAS” transect is developed to elucidate the condition of the Earth’s crust deep layers.

In the previous papers [Vanyan, Gliko, 1999; Trapeznikov et al., 1997] porosity and fluid filling of pores and microcracks of the Tien Shan orogenic belt Earth's crust was estimated as the main source of high conductivity zones (HCZ). According to Hyndman and Shearer [1989], for the rock containing 1 % of aqueous inclusions, resistivity may differ in more than 3 orders from the rock with isolated inclusions and that with film channels along grain edges. Thus, electrical conductivity fails to provide a reliable estimation of porosity. But electrical conductivity is extremely sensitive to pore connectivity and can be useful in imaging of fault zones [Jones, 1998]. To specify the fine distribution

of porosity and connectivity of micropore in massifs, we perform the joint analysis of seismic velocities with the electrical resistivity data obtained by magnetotelluric survey crossing the Tien Shan orogenic belt [Bielinski et al., 2003]. The joint analysis of velocities V_p and electrical resistivity of rock on the basis of an appropriate model can be useful in getting a reliable conclusion about the state of the Tarim-Tien Shan junction zone. Seismic velocities V_p obtained from a dense seismic profile (30 stations on 400 km).

To estimate connectivity and presence of aqueous fluids in the massifs 1, 2, 3 and 4, shown at Fig.1 the experimental data of seismic velocities and electrical resistivity are compared with the simulated [Pervuhina et al., 2004] velocity-resistivity relationships for various pore microstructures. Fractal model of elastic and electrical properties of porous rock [Pervuhina et al., 2004] is used to simulate seismic velocities and electrical resistivity in the Tarim – Tien Shan junction zone. The fractal model describes the porous rock microstructure using three units – liquid filled pore, rock matrix and contact region. This model is described as a partially interconnected pore model [Pervuhina et al., 2004].

The observed velocities against resistivities for individual grid nodes are shown by triangles. The velocity-resistivity lines marked with P_{int} are calculated with fixed in-

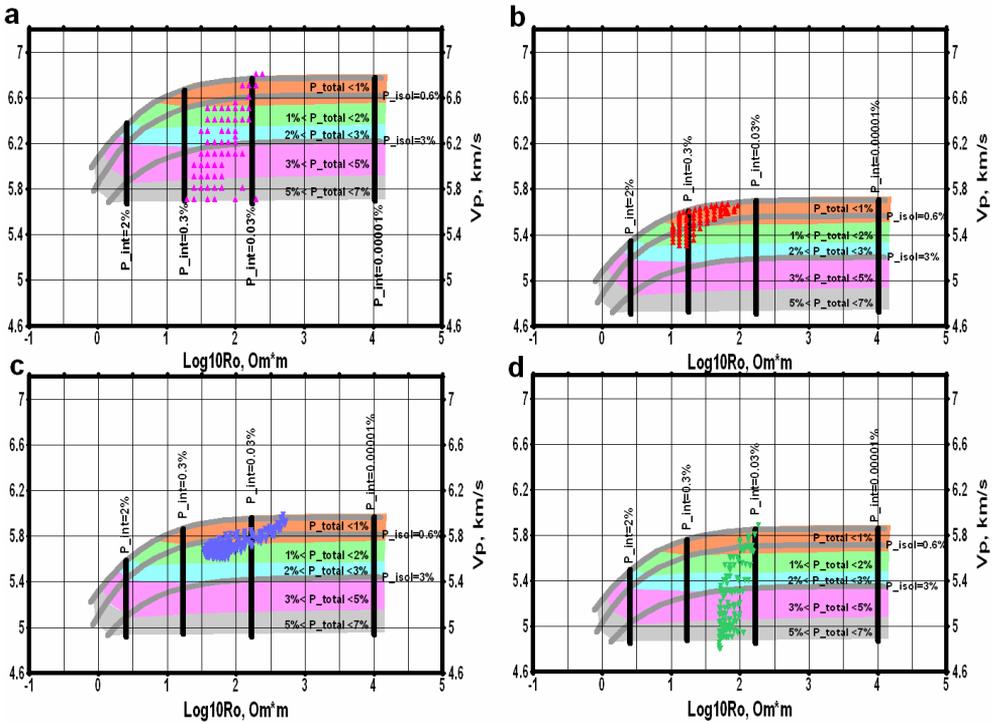


Fig. 1. V_p - R_o plots for the Tarim- Tien Shan junction zone: a, b, c, d for the massifs 1, 2, 3, 4, respectively. The observed data are shown by triangles. The velocity-resistivity relation which were calculated with the interconnected porosity P_{int} – 0.0001 %, 0.03 %, 0.3 % and 2 % are shown as vertical lines (the porosity is written under or above the lines). The P_{isol} marked velocity-resistivity relation are calculated with the isolated porosity P_{isol} – 0.6 % and 3 %. The total porosity is shown with the color of the zones: orange indicates the total porosity of less than 1 %, green indicates it to be less than 2 %, light blue shows the total porosity of less than 3 %, magenta shows it of less than 5 %, grey means less than 7 %

terconnected porosity $P_{int} = 0.0001 \%$, 0.03% , 0.3% and 2% ; these values are written under or above the P_{int} -marked lines. The total porosity P_{total} increases only due to the increase of isolated porosity.

P_{isol} -marked velocity resistivity curves are calculated with fixed isolated porosity $P_{isol} = 0.6 \%$ and 3% ; these values are indicated along the curves. The total porosity P_{total} increase results from the increase of isolated porosity. The total porosity P_{total} is indicated with the color of the zones: orange indicates –porosity of less than 1% , green indicates one of less than 2% , light blue shows the total porosity of less than 3% , magenta shows it to be less than 5% , grey is less than 7% and simulated data for the total porosity of more than 7% are omitted. In the massif-1 experimental data reveal intermediate resistivity (from 20 Om^*m to 200 Om^*m) and high velocity V_p (from $5,7 \text{ km/s}$ to $6,5 \text{ km/s}$). Velocity-resistivity data in this massif can be generally characterized with total porosity from 0.1% to $5\text{--}7 \%$. Isolated porosity fluid presents the major portion of the total fluid and the interconnected porosity fluid – only from 0.03 to 0.3% . In the massif-4 the experimental data reveal intermediate resistivity (from 40 Om^*m to 200 Om^*m) and low velocity V_p (from $4,8 \text{ km/s}$ to $5,8 \text{ km/s}$). Velocity-resistivity data in this massif can be

Table 1. Results of the analysis of the V_p and resistivity along the Tarim–Tien Shan junction zone

Massif	P_{Total}	P_{Isol}
1	$0.1 - 5\text{--}7 \%$	$0.03\text{--}0.3 \%$
2	$0.1\text{--}2 \%$	$0.004\text{--}0.5 \%$
3	$0.1\text{--}2 \%$	$0.003\text{--}0.2 \%$
4	$0.1 - 5\text{--}7 \%$	$0.03\text{--}0.1 \%$

characterized by the total porosity from 0.1% to $5\text{--}7 \%$. And isolated porosity form the major portion of the total porosity and interconnected porosity - only from 0.03% to 0.1% .

Distribution of velocity-resistivity properties in the massif-2 and massif-3 indicate different regularity of relationship between these data. In these massifs the experimental resistivity data reveal intermediate – high (massif-3) from 30 Om^*m to 315 Om^*m , intermediate – low (massif-2) from 10 Om^*m to 100 Om^*m , and low velocity from $5,3 \text{ km/s}$ to $5,7 \text{ km/s}$ (massif-3) and from $5,6 \text{ km/s}$ to $6,0 \text{ km/s}$ (massif-2). According to these experimental data massif-2 and massif-3 can be characterized by the total porosity from 0.1 to 2% . And contribution of interconnected porosity to the total one is from $0.004\text{--}0.5 \%$ for the massif-2 and from $0.003\text{--}0.2\%$ for the massif-3. All the results of the joint analysis of seismic velocities and electrical resistivity for massifs 1, 2, 3 and 4 are summarized in Table 1. Higher porosity variations are found in the massifs 1 and 4 and lower porosity variations are found in the massifs 2 and 3. Thus, the massifs 2 and 3 have low porosity variation and high connectivity in comparison with massifs 1 and 4. It should be again noted that massifs 1 and 4 correspond to the active Tarim–Tien Shan junction zone. This may suggest that the porosity variation is a better indicator than high connectivity is for subduction zone of the Tarim continental crust under the Tien Shan and dehydration subducted rocks under high PT-conditions.

The joint analysis of resistivity and wave speed data from the collocated seismic velocity and MT experiments has shown to be useful in revealing the dehydration zones in mid and lower crust. This approach is used to investigate microstructure of the region of the Tarim–Tien Shan junction zone. Resistivity-velocity data are compared with the synthetic data of the fractal model of elastic and electrical properties of porous rock [Peruhina et al., 2004].

This work was supported by the RFBR, project no.10-05-00572a.

References

Bielinski R.A., Park S.K., Rybin A., Batalev V., Shen Jun, Clayton S. Lithospheric heterogeneity in the Kyrgyz Tien Shan imaged by magnetotelluric studies // *Geophys. Res. Lett.* 2003. V. 30. N 15. 1806. doi: 10.1029/2003GL017455. SDE 8-1 – 8-4.

Hyndman R.D. and Shearer Water in the lower continental crust: Modeling magnetotelluric and seismic reflection results // *Geophys. J. Int.* 1989. V. 98. P. 343-365.

Jones A.G. Waves of the future: Superior inferences from collocated seismic and electromagnetic experiments // *Tectonophysics.* 1998. V. 286. P. 273-298.

Pervukhina M., Kuwahara Ya., Ito H. Rock microstructure in the deep extension of the Nagamachi-Rifu fault revealed by analysis of collocated seismic and magnetotelluric data // *Implication of strong deformation process Earth Planets Space.* 2004. V. 56. P. 1357–1368.

Trapeznikov Yu.A., Andreeva E.V., Batalev V.Yu., Berdichevsky M.N., Vanyan L.L., Volykhin A.M., Golubtsova N.S., Rybin A.K. Magnetotelluric Sounding in the Kyrgyz Tien Shan // *Izvestiya, Physics of the solid Earth.* 1997. V. 33. N 1. P. 3–20.

Vanyan L.L., Glico A.O. Seismic and Electromagnetic Evidence of Degydration as a Free Water Source in the Reactivated Crust // *Geophys. J. Int.* 1999. V. 137. P. 159-162.

PRESENT EMISSION OF METHANE, ETHANE AND PROPANE FROM EARTH'S DEGASSING

Giuseppe Etiope

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione Roma 2, Roma, Italy; Etiope@ingv.it

Contemporary geological sources of methane, including gas manifestations and microseepage from petroliferous (sedimentary) and geothermal areas, are the second most important natural emission of this gas to the troposphere (~53 Tg/y; [Etiope et al., 2008]), after wetlands. Earth's degassing represents, therefore, almost 10 % of total methane emission into the atmosphere, and it is comparable with or higher than other sources (such as biomass burning, termites, wild animals, oceans, and wild fires) considered by the IPCC.

Accordingly, geo-methane emissions are now considered as a new source category in the European (EMEP/CORINAIR) Emission Inventory Guidebook [2009] and in the new US Environmental Protection Agency report on Natural Emissions of Methane.

Global geo-methane emission estimates have recently been supported by a top-down analysis based on the newly derived atmospheric fossil methane (radiocarbon-free) fraction of ~30 % ([Etiope et al., 2008] and references therein); it implies a total fossil methane emission which is much higher than that due to the fossil fuel industry, i.e. it implies the existence of a significant natural source of fossil methane.

Specifically, six source categories must be considered (Fig. 1): mud volcanoes, gas seeps (independent of mud volcanism), microseepage (diffuse exhalation from soil in petroleum basins), submarine seepage, geothermal (non-volcanic) manifestations and volcanoes.

Marine seepage and microseepage are the largest sources (~20 and 10–25 Tg/y, respectively) and their uncertainties need to be reduced.

Thermogenic (organic), and subordinately microbial, methane dominates natural gas seepage in sedimentary basins, whereas geothermal/volcanic emissions are dominated by CO₂ (or H₂O). However, the released gas always contains small amounts of light alkanes, mainly ethane and propane which are present at hundreds or thousands of ppmv in petroleum gas (sometimes exceeding 1 % in thermogenic gas and oil seeps), and at ppbv levels in geothermal/volcanic manifestations. Recently, a robust data-set consisting of methane, ethane and propane concentration in surface gas manifestations from 238 sites throughout the world was examined. Emission rates of ethane and propane were estimated from median ethane/methane and propane/methane ratios calculated for each of the six source categories for which global methane emission was previously estimated (namely, mud volcanoes, gas seeps, microseepage, marine seepage, geothermal manifestations and volcanoes). The output of ethane and propane from these sources was obtained by scaling to methane emissions. The result is a global geological output of ethane and propane in the order of 2–4 Tg y⁻¹ and 1–2.4 Tg y⁻¹, respectively [Etioppe, Ciccioli, 2009] i.e., Earth's degassing accounts for at least 17 % and 10 % of total ethane and propane emissions.

Geologic seepage is therefore important not only for the greenhouse gas budget but also for emission of ozone precursors and photochemical pollutants. The atmospheric budget of hydrocarbons is not independent of geophysical processes of the solid Earth and planet degassing.

References

Etioppe G., Ciccioli P. Earth's degassing – A missing ethane and propane source // *Science*. 2009. V. 323, 5913, 478, doi: 10.1126/science.1165904.

Etioppe G., Lasey K.R., Klusman R.W., Boschi E. Reappraisal of the fossil methane budget and related emission from geologic sources // *Geoph. Res. Lett.* 2008. V. 35, L09307, doi:10.1029/2008GL033623.

RELATIONS BETWEEN GAS COMPONENTS IN BASALT ROCKS OF KURA RIFT

Y.B. Galant

Independent Researcher, 20600, P.O.B. 164, Yokneam-Moshava, Israel

Studying gases in Saatly Super deep show ascending migrations of gases from volcanogenic lower part of profile to sedimentary layers - upper part of profile (Y.Galant). In connection with arise question about nature of gases of volcanogenic part: does gases forms in volcanogenic part or came from deeper layers, or are there several type of gases? This problem to update became more actually because in volcanogenic rocks in Kura rift the oil/gas fields were discovered. And also the importance such problems of migrations and consequently existing of possible deep source follows from such facts as founding out of oil field in magmatic rocks (White Tiger, Bach-Ho) and renaissance of reserves in Ukraine fields. Regeneration of gas and oil deposits of Ukraine was studied by Chepil P.M. In connections with mention above have studied gases in basalt of

drills surrounding of Saatly superdeep. Drills named: Muradhanli, Zardob, Duzdag, Mil, Mamedtepe, Middlemugan, Jarli, Sor-Sor; and other 30 drills.

Kura rift is located between the Greater Caucasus and Lesser Caucasus. Kura rift itself situated on the East the Caucasus segment of Alpine Geosynclinals area. Kura rift have been formed for a long period time. The roof of the mantle is placed in nearly 20 km depth. According to data the Saatly super deep well (8324 m) that located on the North-West – South-East stretching of Talesh-Vandam mantle diaper (gravity anomaly is possible) section of well are several kilometers of Mesozoic sediments from late Cretaceous until middle Miocene times [Shikalibeily et al., 1998; Ali-Zade et al., 1999]. On the section Saatly super-well recognized several volcanic complexes, the two most important of which are widespread: lower-middle Jurassic volcano-sedimentary series with basalts, andesites, dolerites, diorites and late Jurassic early Cretaceous carbonates with basalts sills [Ali-Zade et al., 1999]. Volcanic rocks are in the main being basalts and andesit-basalts. The surrounding above named wells has about identified structure.

Table 1. Significant relations between components and Sum of components

Component and Sum of components	Components and Sum of components with Significant relations	Numbers of Relations
H ₂	H ₂ O, CO ₂	2
H ₂ O	SUM all components, H ₂ , Sum of Oxidizing gases H ₂ O+CO ₂	3
CO	CO ₂ , CH ₄ , Sum of Reduction gases H ₂ +CO+CH ₄	3
CO ₂	H ₂ , CO, CH ₄ , Sum of Reduction gases H ₂ +CO+CH ₄	4
CH ₄	CO, CO ₂ , Sum of Reduction gases H ₂ +CO+CH ₄	3
SUM all components	H ₂ , Sum of Oxidizing gases H ₂ O+CO ₂	2
Sum of Reduction gases H ₂ +CO+CH ₄	CO, CO ₂ , CH ₄	3
Sum of Oxidizing gases H ₂ O+CO ₂	H ₂ O	1

Components H₂, H₂O, CO, CO₂ and CH₄ of basalt rocks have been analyzed. Analyses have been performed in the Institute of Earth's Crust – Siberian branch of Academy of Science, Russia (Laboratory of F.A.Letnikov). Samples of rock heated, and outgassing fluids analyzed on the Chromatograph. Content (ml/gram of rocks) of components (min–max/average) following: H₂ (0,11–2,5/0,62), H₂O (1,5–76,0/22,12), CO (0,71–59,7/8,08), CO₂ (0,03–1,8/0,29), CH₄ (0,001–0,05/0,006), SUM all gases (2,58–96,5/31,56), Sum of Reduction gases (0,71–60,96/8,7), Sum of Oxidizing gases (1,6–74,68/22,902). The range of fluids is sequence: H₂O>CO>H₂>CO₂>CH₄.

For studying relations between gases in basalt rocks use coefficient correlation. Treatment were made according the following scheme: 1) Component-Component, 2) Component-Sum all gases, 3) Component-Sum of Reductions gases, 4) Component-Sum of Oxidized s gases, 5) Sum all gases – Sum of Reductions gases, 6) Sum all gases – Sum of Oxidized gases, 7) Sum of Reductions gases – Sum of Oxidized gases.

Estimated Coefficient Correlation checked on Pearson's Critical Values as a two-tailed test, and value 0,05 and lower estimated as significantly related, and more 0,05 are not significantly related.

In the Table 1 given results of treatment.

1. Reduction H_2 have no connection with Sum of Reduction gases $H_2+CO+CH_4$, and conversely have connection with oxidizes gases H_2O and CO_2 . Behavior anormaly. With other components CO , CH_4 , SUM all components and Sum of Oxidizing gases H_2O+CO_2 correlation are low.

2. H_2O has connection with SUM all components where H_2O is prevailing component and with Sum of Oxidizing gases H_2O+CO_2 . Has no connection with Reduction gases CO and CH_4 . Has no connection with Oxidizing gas CO_2 as well. Behavior normally.

3. Reduction CO has high connection with CO_2 and CH_4 Reduction CO has no connection with SUM all components and with Sum of Oxidizing gases H_2O+CO_2 . Reduction CO has strong connection with Sum of Reduction gases $H_2+CO+CH_4$, but have lower connections with Sum of Oxidizing gases H_2O+CO_2 and Sum all components. Another words behavior Reduction direct with CO_2 , CH_4 and Sum of Reduction gases $H_2+CO+CH_4$, but behavior Reduction H_2 (as mentioned above) conversely with Sum of Reduction gases $H_2+CO+CH_4$ and CH_4 .

4. Oxidizing CO_2 has strong connection with Sum of Reductions $H_2+CO+CH_4$ and high connection with CH_4 and lower connections with Sum of Oxidizing gases H_2O+CO_2 . Another word Oxidizing CO_2 has indirect behavior with Sum of Oxidizing gases H_2O+CO_2 and direct Behavior with Sum of Reductions gases $H_2+CO+CH_4$.

5. CH_4 has lower connections with SUM all components and Sum of Oxidizing gases H_2O+CO_2 . And high connections with Sum of Reductions gases $H_2+CO+CH_4$. Here CH_4 has direct relation.

6. Between SUM all components and Sum of Reductions gases $H_2+CO+CH_4$ is lower connections but between SUM all components and Sum of Oxidizing gases H_2O+CO_2 is high connections.

7. Sum of Reduction gases $H_2+CO+CH_4$ have lower connections with Sum of Oxidizing gases H_2O+CO_2 .

Viewing the result of conducting researches one can say follow. All of 28 relations that have been studied only 11 have significant relations (39%). Hydrogenous gases H_2 and H_2O related with Oxidizing gas CO_2 , and Sum of Oxidizing gases H_2O+CO_2 . All Carbonaceous (between each other) gases more tightly connected than Hydrogenous gases (Table 2). Carbonaceous gases strong related with Sum of Reduction gases $H_2+CO+CH_4$. (Table 3). Carbonaceous gases have the same behavior. Because H_2 conversely low connected with Sum of Reductions gases $H_2+CO+CH_4$, H_2 might have additional source from depth..

So one can conclude: 1) Coefficient Correlation that estimated show the existing of significant relation between certain gas components and groups of gases. 2) Normal and anormal behavior of gases are reviled. 3) Normal behavior of gases and group of gases, possible are breaked under influence of migration of deep gases.

All mentioned above lets to conclude that existing deep additional source of Hydrogen and Carbon that possible ascends from Middle Mantle (C-fluid structure) and from Upper Mantle (H-fluid structure).

Table 2. Coefficient Correlation / Pearson's Critical Values between components

Component	H ₂	H ₂ O	CO	CO ₂	CH ₄
H ₂	+	0,9977/0,05	0,9960/0,1	0,9977/0,05	0,9938/0,1
H ₂ O		+	0,9878/<0,1	0,9909/<0,1	0,9841/<0,1
CO			+	0,99979/0,02	0,99978/0,02
CO ₂				+	0,99908/0,05
CH ₄					+

Table 3. Coefficient Correlation / Pearson's Critical Values between components and Sum of components

Component	SUM all components	Sum of Reduction gases H ₂ +CO+CH ₄	Sum of Oxidizing gases H ₂ O+CO ₂
H ₂	0,9948 / 0,1	0,9878 / <0,1	0,9965 / 0,1
H ₂ O	0,9994 / 0,05	0,9889 / 0,1	0,99987 / 0,02
CO	0,9818 / <0,1	0,999972 / 0,01	0,98517 / <0,1
CO ₂	0,9857 / <0,1	0,999919 / 0,01	0,98866 / 0,1
CH ₄	0,9774 / <0,1	0,99956 / 0,02	0,98115 / <0,1

ON A DEGASSING AND LOCALIZATION PROCESSES IN SOME STRUCTURES

A. Romanko

GIN RAS, Moscow, e-mail: a-romanko@ya.ru

There are many problems in a degassing-tectonics-sedimentology relation. We present some different materials on the hydrocarbons (HC)-bearing including hydrocarbon-poor structures of Soviet Middle Asia and, partly, West Siberia. Often there is a good understanding of tectonics, sedimentology etc. versus the HC localization in many structures. However, there are some problems due to very different geo-, bio-factors etc. It is proposed that the very Mesozoic-Cenozoic CO₂, CH₄-degassing is not of great importance for HC fields' formation.

Some different points could be briefly noted here due to a studying of HC related to tectonics, sedimentology, etc.:

- HC localization is in a good agreement with a general geology, and the very stratigraphic boundaries of different order including hidden ones. Detailed analysis of a stratigraphic column with TOC data etc. could understand main hydrocarbon way and the very localization (including one in the different stratigraphic levels of the one field). We can often lateral HC zonality meaning a definite role of lateral HC migration. J2-J3 interval is an economically very important interval in many former USSR regions including, surely, West Siberia. Also, Russian plate (J3 Volga, and K1 Apt times), Tajikistan and Uzbekistan etc. Complementary strong degassing is not necessary here due to e. x., a unique stable warm up to 0.5 km depth sea conditions with a beautiful J3 (-K1) bazhenovskaya Fm in West Siberia.

- HC localization is in agreement with a presence of stratigraphic boundaries of different order including non-apparent boundaries at the first glance. Detailed analysis

of a stratigraphic column could understand the hydrocarbon way and the very localization (sometimes in several stratigraphic levels on the one field). we have a positive correlation of hydrocarbons localization (including a mobile gas) with a structural analysis. Detailed analysis of structural maps and stratigraphic helps us in a prognosis of hydrocarbon traps.

- There are obvious examples of non-organic HC nature sometimes including known Precambrian fields and structures, Solar system examples etc. However, no doubts of a large/very large role of organisms in the genesis discussed. Principally, a non-organic – organic compromise could be found, antagonism is not necessary here.

- Interesting results on faulting process, for example, were received by N. Koronovsky, M. Goncharov, G.Gogonenkov, A. Timurzиеv et al., Russia. Effective structural modeling have made by them (Koronovsky et al., 2008; etc). Downthrow shift amplitude usually 30–40 m, up to 100 m, and the palm-tree characteristic structures (because of fracture facilitation from pre-Jurassic basement to a sedimentary cover) are typical in West Siberia (Gogonenkov, Timurzиеv et al., 2005). Next, faults are rather fruitful than non-fruitful in the examples studied, excluding large deep faults, but this point about faults is under discussion.

We are very grateful to many Russian geologists and geophysicists for discussions and consultations.

GEODYNAMIC SETTINGS, GEOELECTRIC ANOMALIES AND DEEP FLUIDS IN PRECAMRIAN OF THE UKRAINIAN SHIELD

Ye.M. Sheremet, S.N. Kulik, I.Yu. Nikolaev

Ukrainian State Research and Design Institute of Mining Geology, Rock Mechanics and Mine Surveying of the National Academy of Sciences of Ukraine (UkrNIMI NANU), Donetsk, Ukraine

From the standpoint of paleotectonics Precambrian suture zones (SZ) Orekhovo-Pavlogradskaya (OPSZ), Western Inguletskaya - Krivorozhsko-Kremenchugskaya (WIK-KSZ), Golovanevskaya (GSZ), Nemirovsko-Kocherovskaya (NKSZ) located among megablocks of the Ukrainian shield and geodynamic settings of their formations are considered. All suture zones are traced by geoelectric anomalies of increased electrical conductance. As a rule, most of the known deposits and mineralizations of minerals are confined to them. It seems that anomalies of increased electrical conductance reflect traces of mantle fluid columns from perturbed mantle owing to collision settings.

For the Orekhovo-Pavlogradskaya suture zone [1] natural change in magmatism chemism towards increase in alkalinity from the suture zone to its rear parts (from the Orekhovo-Pavlogradskaya zone, that is from the Western Priazovie to the Eastern Priazovie) took place due to the movement of the Middle Pridneprovsky (the Trans-Dnieper Region) megablock under the Priazovsky megablock. Zones of deep faults which confine these blocks have been delineated by electromagnetic survey data as deep zones of increased electrical conductance. Features of the structure of the Orekhovo-Pavlogradskaya suture zone quite satisfactory agree with the hypothesis to identify it with a fragment of collision junction (collision zone) of micro-continent that inherits Proterozoic subduction zone plunging under the Priazovskaya (Azov Sea Region) part of the micro-continent. Conversion of epi-Archaean crust of the Priazovsky fragment of micro-continent occurred due to migratory components of the immersed

under its oceanic lithosphere. From this point of view, the contrast of Proterozoic history of geological evolution of the Middle Pridneprovsky and the Priazovskiy megablocks is the result of their evolution in the environments of passive and active continental margins which has been completed by collision of micro-continents. As a result of this, tectono-magmatic activation has led to a wide development in the Priazovie (in contrast to the Middle Pridneprovie) of Proterozoic magmatism, ultrametamorphism and relevant transformations of the original crust and also it has led to a powerful and diverse tectonic conversion became apparent not only in the suture (the Orekhovo-Pavlogradskaia suture zone) but also in the internal parts of the megablock. Multiple-aged transformations of the crust in sutures and over-subduction blocks are accompanied by formation of the anomalies of high electrical conductance; in other words, geodynamical control of the latter is observed which has been established in many areas of the world. In the eyes of the authors low-resistivity geoelectric anomalies running down to the depth of 50 km identified by the results of magnetotelluric data processing could be the reflection of traces of the column of mantle fluids carrying ore charge [1].

Geological position of the Krivorozhsko-Kremenchugskaya poly-stage intermegablock suture zone (KKSZ) is more complicated [2]. In the judgment of the authors it is an element of the suture located at the boundary of epi-Archaean Middle Pridneprovsky and Proterozoic Ingul'skiy (Kirovogradskiy) megablocks. The overwhelming part of gneiss-migmatite complex of the Ingul'skiy megablock is obviously younger than both stratigraphic units and plagiogranitoids of the eastern and central parts of the suture – Krivorozhsko-Kremenchugskaya and Krivorozhsko-Inguletskaia structure-formation zones themselves – and coincides with the same only in its Western Inguletskaia part. The beginning of formation of the suture relates to the occurrence of KKSZ at the margin of the Middle Pridneprovsky megablock later than 2.8 milliard years ago (after closure of Archaean granite-greenstone region), and its completion – to the end of formation of the crust of Kirovogradskiy orogen (~2.1–2.0 milliard years ago).

Geoelectrical methods have been predominated in the study of the KKSZ and adjacent structures. Series of cross-sections along profiles of MT sounding show clear enough high-resistance of the crust of the Middle Pridneprovie and, on the contrary, heterogeneity of electrical conductance of the crust of the Ingul'skiy and adjacent parts of the frame that underwent after the first stage of formation of the KKSZ another thrice-repeated transformations of the original Archaean and then of Proterozoic crust. Of particular interest is data for previously known Kirovogradskaya geoelectric anomaly (up to 1–5 Ohm · m) that stretches sub-horizontally under the KKSZ. Anomalies of electrical conductance within the limits of geomagnetic-variation Kirovogradskaya anomaly have been traced at the depth of 15–50 km by geoelectric structures constructed transverse to the strike of the KKSZ. 3D modelling of electrical conductance of the central part of the Ukrainian shield [2] has shown the existence of bulk anomaly of electrical conductance of irregular shape in the zone of Kirovogradskaya anomaly at the depths of 10–31 km. Boundaries of the well-known Kirovogradskaya anomaly of electrical conductance coincide with the boundaries of the Krivorozhsko-Kremenchugskaya suture zone. Within its limits tectono-magmatic activation has been manifested due to collisions, and many manifestations of minerals are confined to it.

The structure of the Golovanevskaya suture zone (GSZ) [3] is defined as common with the Krivorozhsko-Kremenchugskaya structure collision joint (the first stage of development took place 2.8–2.6 milliard years ago) that was destroyed later on as a result of opening and formation of an island arcuate basin (bugskaya and ingulo-inguletskaia se-

ries) (Fig.) and was formed once again simultaneously with the present Krivorozhsko-Kremenchugskaya band at the edges of Kirovogradsky orogen (the second stage of development took place 2.1–2.0 milliard years ago). Metallogenic feature of the suture zone is confinedness to it of specific iron ores, magnetite-enriched marbles and calciphyres, chromite deposits, recently identified manifestations of native rhenium as well as industrial accumulations of graphite-bearing ores. Along the eastern boundary of the suture zone a well-known deposit (Vatutinskoe) of natrium-uranium formation and deposits of rare metals in pegmatites are located. In the Gvozdevskaya branch of the Talnovsky joint of the GSZ Maiskoe gold deposit and a number of manifestations of gold confined to the Savranskoe, Kapitanskoe and Demov'yarskoe ore fields are localized.

Formation and development of the Golovanevskaya suture zone, on the authors' opinion, are related to the formation and coalescence of three megablocks of the Ukrainian shield. The present structure of the Golovanevskaya suture zone has been formed as a result of formation of Kirovogradsky orogen. Geodynamic settings which have formed the GSZ contributed to accumulation of ore substance and its transformation during the process of metamorphism. Chrome and nickel deposits, mineralizations of cobalt and platinoids are united by geological position - confinedness to fault overthrusts, zones of Golovanevsky block open to intrusions of mantle melts. Metallogeny of radioactive metals is caused by paleogeodynamic settings of the formation of the Inguletsky megablock crust – an area of localization of the deposits is confined to the system of Pervomiskie deep faults. In the interior of high electrical conductance anomaly most of mineralisation is located. Manifestations of gold, uranium and graphite gravitate towards zones of deep faults.

The Nemirovsko-Kocherovskaya suture zone (NKSZ) [4] is considered as a buffer zone between Volyno-Podolsky and Belotserkovsko-Bugsky megablocks along which, similar to transform fault, movements among blocks during collision events took place.

The features of the NKSZ in relation to mineralization are the governing role of deep faults along which fluids carrying heat and ore components went from the mantle. Evidence of this is confinedness of rare-metal mineralizations and zones of fault metasomatism to zones of deep faults. Within the limits of the suture zone known are promising mineralizations of rare and rare-earth elements, molybdenum, gold, uranium, graphite, and finds of diamonds.

A problem of the abnormally high electrical conductance in the earth's crust and in the upper mantle and also its relation to the evolution of lithosphere is one of the most important and ambiguous problems of geoelectric exploration. There are many versions of the origin of crust electroconductance anomalies within the boundaries of paleoshields. Some extensive, extended for thousands of kilometers regional and interregional anomalies of high electroconductance traced at most of continents can be the result of geodynamic processes and boundaries of the regions with their different manifestations. Analysis of the results of investigations of crust regional anomalies of high electrical conductance shows that majority of trans-continental regional anomalies is located in the earth's crust and corresponds to subduction regions that have been formed for the last 120 million years.

Geochemical investigations [5] allow us to assume existence of the regions with low values of oxygen volatility in the upper mantle. This means possibility of presence at these depths of free hydrogen and quite probably that considerable part of it is related to transformations of methane component. Above *diamond-graphite* stability level

at the depth of about 125 km hydrogen can be in the form of highly-conducting graphite.

Paleolithosphere of the upper mantle is characterized by low values of oxygen volatility. Hydrogen-saturated fluids with high concentration of hydrocarbons correspond to this oxidation-reduction state of deep substance ($P \sim 50$ kbar, $T = 1100\text{--}1200$ °C) [5].

Pressure of fluids in the earth's crust can be controlled by different mechanisms in accordance with depth, temperature and mineral composition of parent rocks. Where rocks are saturated with fluids, pressure of liquid can achieve lithostatic or hydrostatic pressure depending on strength of rock mass and cohesion of pores and fractures. However, if parent rocks contain minerals formed at temperatures higher than those which dominate now, these minerals will react with fluids, and as a result of hydration or carbonation retrograde minerals will occur. Pressure of fluids will be limited by equality between minerals of the high metamorphism intensity and retrograde products. Thermodynamically-controlled parameters (water permeability) can have values that differ by a ten or hundred of times. Practically it means that for typical igneous rocks or rocks of high metamorphism intensity formed in the stable low crust the mentioned above fluid pressure is substantially (from orders of 1–3) low than lithostatic pressure. The bound fluid phase can present in the depth of the crust of stable regions, and it is necessary to look for alternative explanation for comparatively high observed electrical conductance in the crust of such regions.

References

1. Azarov N.Ya., Antsiferov A.V., Glevassky Ye.B., Sheremet Ye.M. et al. Geologic-geolectrical model of the Orekhovo-Pavlogradskaya suture zone of the Ukrainian shield. Kiev: Naukova dumka, 2005. 190 p. (in Russian).
2. Azarov N.Ya., Antsiferov A.V., Sheremet Ye.M. et al. Geologic-geophysical model of the Krivorozhsko-Kremenchugskaya suture zone of the Ukrainian shield. Kiev: Naukova dumka, 2006. 197 p. (in Russian).
3. Antsiferov A.V., Sheremet Ye.M., Esipchuk K.E. et al. Geologic-geophysical model of the Golovanevskaya suture zone of the Ukrainian shield. Donets: Veber, 2008. 253 p. (in Russian).
4. Antsiferov A.V., Sheremet Ye.M., Glevassky Ye.B. et al. Geologic-geophysical model of the Nemirovsko-Kocherovskaya suture zone of the Ukrainian shield. Donets: Veber, 2009. 308 p. (in Russian).
5. Kadik A.A. Effect of an oxidation-reduction condition of planetary substance on formation carbon-sated of fluids in the top cloak of the Earth. M.: OGGGGN RAS, 1999. №4 (10).

«ЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ ЗОНЫ» ЗЕМНОЙ КОРЫ НА ВОСТОЧНОЙ ОКРАИНЕ АМУРСКОЙ ЛИТОСФЕРНОЙ ПЛИТЫ И ИХ ФЛЮИДНЫЙ РЕЖИМ

А.Т. Сорокина, А.П. Сорокин, М.А. Серов, А.А. Попов

г. Благовещенск, Институт геологии и природопользования ДВО РАН

New data on neotectonic processes, seismicity, degassing of the Earth's interior in the eastern margin of the Amur lithospheric plate are given. The results of the long time studies on fluid dynamics are considered. Basing on the interrelations between the variations of

water solved helium with the alterations of compression-deformational state of blocks the conjugation of the discharge hearth of mineral waters of the Konstantinovka deposit to the “sensitive zones” of the Earth’s crust are founded.

Материалы геологических и геофизических работ, сейсмологических исследований, а также результаты изучения кинематики восточной части Амурской литосферной плиты свидетельствуют о высокой проявленности на территории Приамурья геодинамических процессов. Эти особенности обусловлены в значительной мере положением региона – его приуроченностью к зоне взаимодействия Амурской, Охотской и Евразийской литосферной плит. Согласно глобальной модели движения плит [8], Амурская литосферная плита не выделяется, являясь неделимой частью Евразии. Тем не менее, начиная с работ Л.П. Зоненшайна с соавторами [2], и по многочисленным работам других авторов, Амурская плита рассматривается как отдельная тектоническая единица, которой присущи современные движения, деформации, смещения и разрывы, что подтверждается данными измерений геофизическими методами, в том числе спутниковой геодезией.

Активные геодинамические процессы, происходящие на границе Амурской и Охотской литосферных плит, обусловили сложную мозаику разломно-блоковых структур, взаимодействие которых осуществляется преимущественно по разрывным нарушениям, на контактах между блоками. В этих зонах наблюдается высокая концентрация напряжений земной коры, приводящая к нарушению устойчивости геологической среды и межблоковым деформациям, что нередко служит спусковым механизмом для формирования очагов землетрясений с различной магнитудой. Изучение этих процессов представляет сложную задачу, решение которой в большинстве случаев связывают с поисками предвестников землетрясений. Однако, на начальной стадии решения указанной проблемы, необходимо выявить геодинамические особенности разломно-блоковых структур, установить их взаимодействие, сейсмическую активность и флюидодинамику в многолетнем разрезе и совершенствовать комплекс режимных наблюдений, способных реагировать на характер изменения напряженно-деформированного состояния блоков.

На рассматриваемой территории с основными системами тектонических нарушений связано образование блоков северо-восточного и близмеридионального направления, на которые наложены более молодые широтные структуры. Этот сложный структурный конгломерат чутко реагирует на процессы, происходящие на границах Амурской и Охотской литосферных плит. Результаты GPS наблюдений, выполненные на южной окраине Зейско-Буреинского бассейна, позволяют расшифровать общую картину современной геодинамики рассматриваемого региона. В процессе исследований, выполненных сотрудниками ИГиП ДВО РАН и ИЗК СО РАН, установлено, что пункт ВЛАГ в составе Северо-Китайского (Нэньцзянского) блока смещается в юго-восточном направлении относительно Сибирской платформы со скоростью 5,4 мм/год, а Баджало-Буреинский-Мало-хинганский (Туранский) блок на юго-запад относительно Северо-Китайского блока со скоростью 4 мм/год [4]. Этими движениями создаются правосторонние северо-северо-восточные сдвиговые смещения вдоль восточной окраины Зейско-Буреинской впадины и растяжение для разломов северо-западного и близширотного направления на юге Амурской плиты. Левосторонние смещения установлены по широтной зоне Сюньхэ-Бирского разлома вдоль

Амура. Современные движения вдоль регматической сети разрывных нарушений указанных направлений, обусловили блоковую структуру региона.

Среди блоков с наиболее высокой проявленностью геодинамических и сейсмических процессов и широким развитием современного вулканизма на приграничной территории России и Китая авторами выделяются Чжаньхэ, Сунью, Нэньцзянский, Ивановский, Завитинский, Туранский, Кульдурский, Тырминский, Цзямусинский и Циншанский (рис. 1).

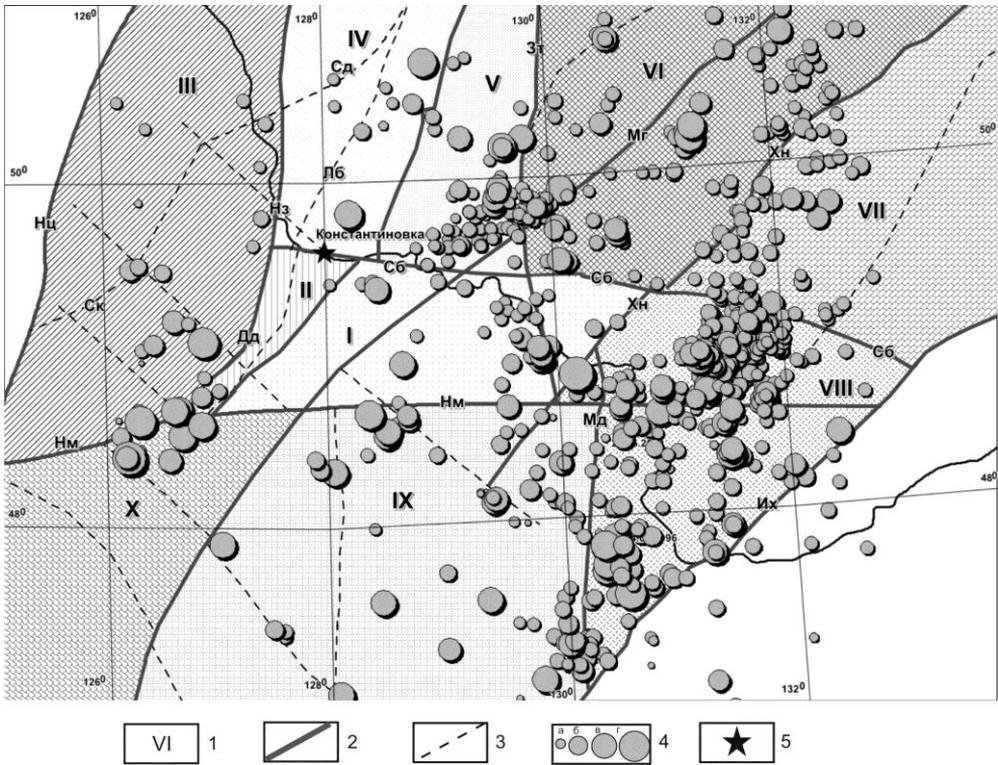


Рис. 1. Блоковое строение зоны сопряжения Амурской и Охотской литосферных плит. 1 – блоки: I – Чжаньхэ; II – Сунью; III – Нэньцзянский; IV – Ивановский; V – Завитинский; VI – Туранский; VII – Тырминский; VIII – Кульдурский; IX – Цзямусинский; X – Циншанский; 2 – генеральные разрывные нарушения, ограничивающие блоки: Нм – Намуэрхэ, Зт – Западно-Туранский, Мг – Мельгинский, Мд – Муданьцзянский, Нц – Нэньцзянский, Хн – Хинганский, Их – Ишу-Харпийский, Сб – Сюньхэ-Бирский, Дд – Дэду-Даань, Нз – Нижнезейский; 3 – региональные разрывные нарушения; 4 – эпицентры землетрясений (с магнитудой: а – 1,5–2,5; б – 2,5–3,5; в – 3,5–4,5; г – 4,5–5,6; за период с 1974 по 2009 гг.; 5 – пункт гелиеметрических наблюдений (скважина 2990)

При взаимодействии блоков в узлах их пересечения формируются проницаемые зоны, служащие каналами для дегазации недр и разгрузки флюидов. Выявление проницаемых зон и каналов для дегазации недр проводилось с использованием гелиеметрических и атмохимических методов на территории Ивановского и Завитинского блоков, которые фиксировались аномалиями сорбированных в породах и растворенных в воде гелия, водорода, углекислого газа и метана [7].

Флюидный режим зон повышенной проницаемости изучается на Константиновском месторождении минеральных вод с 1985 года в скважине глубиной 204 м, вскрывающей трещиноватые андези-базальты путем прослеживания вариаций водорастворенного гелия, макро- и микроэлементного состава минеральных вод и их связи с изменением напряженно-деформированного состояния геологической среды для блоков, удаленных от пункта режимных наблюдений на расстояние до 220 км. Неотектонические процессы в районе с. Константиновка обусловили сложное блоковое строение и деформацию блоков, что подтверждается результатами GPS наблюдений [3]. Блоки здесь деформируются под воздействием как растяжения, так и сжатия, что приводит к сбросо-сдвиговым смещениям по субширотным разломам и сдвиго-сбросовым по разрывам северо-восточного простирания, к узлу пересечения которых приурочен очаг разгрузки минеральных хлоридно-натриевых вод.

В процессе многолетних наблюдений был установлен значительный диапазон изменения концентраций водорастворенного гелия от $1500 \cdot 10^{-5}$ до $74600 \cdot 10^{-5}$ мл/дм³. В динамике газового поля отмечается преимущественно импульсивный характер при некоторых особенностях, присущих отдельным периодам и блокам.

Период 1985–86 гг. отражается взаимодействием Ивановского блока, Сунью, Нэньцзянского, которое осуществляется через системы разломов Дэду-Даань, Лермонтовско-Белогорский и Сюньхэ-Бирский. В этот период активизация сейсмичности была установлена в центральной и южной части Нэньцзянского блока и в юго-восточной части блока Сунью. Практически все изменения деформационных процессов нашли отражение в вариациях водорастворенного гелия от 5000 до $32000 \cdot 10^{-5}$ мл/л и четкую приуроченность резкоамплитудного его снижения в периоды, предшествующие землетрясениям.

В 1992 г. интересным представляется период с августа по ноябрь, который характеризуется активизацией сейсмических процессов в Нэньцзянском блоке вдоль Синкалийского разлома и на границах блоков Завитинского, Туранского и Чжаньхэ. Свообразным поведением отличается и водорастворенный гелий. Если в августе его концентрация достигала $74600 \cdot 10^{-5}$ мл/л, то в ноябре составила $12000 \cdot 10^{-5}$ мл/л. Представляет интерес установленный факт снижения концентраций водорастворенного гелия от значений от $50000 \cdot 10^{-5}$ мл/л в марте 1994 г. до $3800 \cdot 10^{-5}$ мл/л в сентябре 1994 г., которое совпадает с повышенной сейсмичностью вдоль Суньхэ-Бирского, Хинганского и Западно-Туранского разломов. Уникальная ситуация была характерна для зимнего периода 1997 г. Амплитуда снижения концентраций водорастворенного гелия за 15 дней в декабре составила $55000 \cdot 10^{-5}$ мл/л (от $60000 \cdot 10^{-5}$ мл/л до $5000 \cdot 10^{-5}$ мл/л).

Отличительной особенностью 2001 г. явилось резкое снижение концентраций водорастворенного гелия до минимальных значений в июле-августе, в течение которого началась активизация сейсмичности в системе разломов Кульдурского блока. Кроме этого, в этот период в водных пробах появились повышенные концентрации токсичных газов: диоксида азота (до 23,1 мг/м³), аммиака (до 1,57 мг/м³), диоксида серы (до 4,8 мг/м³), что ухудшило состояние здоровья местного населения и создало чрезвычайную экологическую ситуацию.

В 2009 г. активизация сейсмических процессов в основном характерна для блоков, расположенных южнее Сюньхэ-Бирского разлома, в Кульдурском, Нэньцзянском и Цзямусинском. Северные блоки – Ивановский, Завитинский, Туранский и Тьрминский сохраняют сейсмическое затишье. В поведении водо-

растворенного гелия на фоне характерных импульсивных колебаний и подъемов концентраций до $35000 \cdot 10^{-5}$ мл/л в течение года было зафиксировано два периода резкого снижения: зимне-осенний с 08.02. по 10.03. (снижение концентрации с $4000 \cdot 10^{-5}$ мл/л до $500 \cdot 10^{-5}$ мл/л) и летне-осенний с 08.08. по 17.09. (снижение концентрации с $5000 \cdot 10^{-5}$ мл/л до $2000 \cdot 10^{-5}$ мл/л).

Анализируя в целом динамику водорастворенного гелия на Константиновском месторождении минеральных вод, следует отметить, что резкоамплитудные эффекты являются характерной особенностью геодинамических процессов на восточной окраине Амурской литосферной плиты. Подобные эффекты наблюдались и в других регионах, по резким изменениям уровня подземных вод в скважинах Туркменистана, Узбекистана, Северо-Восточного Китая [3], водорастворенного гелия в Армении [1], химического состава минеральных вод на Кавказе [5]. В большинстве случаев они интерпретировались как изменения напряженно-деформированного состояния блоков и межблоковых пространств и в некоторых регионах служили элементом прогноза землетрясений. Эти явления характерны для «чувствительных зон», находящихся в особых структурно-тектонических условиях, в областях взаимодействия литосферных плит, на границах крупных блоков.

По результатам динамики микроэлементного состава минеральных вод установлены как прямые, так и обратные корреляционные зависимости. Наиболее существенные изменения характерны для свинца, серебра, олова, фосфора, бора, калия, алюминия, селена. Отмечалось кратковременное импульсное увеличение концентраций лития и золота. Весьма показательны реакции микроэлементов на землетрясения, удаленность которых не превышала 100 км от режимной скважины в с. Константиновка.

Расположение Константиновского месторождения в зоне взаимодействия Охотской и Амурской литосферных плит, его блоковое строение, определяющееся широким развитием неотектонических процессов, и выявленные реакции водорастворенного гелия и микроэлементов на изменение напряженно-деформированного состояния среды позволяют считать, что Константиновский очаг разгрузки минеральных вод по своим показателям отражает функции «чувствительной зоны» и несет важную информацию о взаимодействии флюидов с геодинамическими процессами.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ (09-05-00703-а) и инициативного проекта ДВО РАН (09-111-А-08-436).

Литература

1. Баласанян С.Ю. Высокочувствительные энергоактивные точки Земли (явление ВЭТ): ключ к дальнейшему пониманию физики землетрясений? // Геология и геофизика. 2000. Т. 46. № 1. С. 83-99.
2. Зонениайн Л.П., Савостин Л.А., Миширина Л.А., Солоненко Н.В. Геодинамика Байкальской рифтовой зоны и тектоника плит внутренней Азии // Геолого-геофизические и подводные исследования озера Байкал. М., 1979. С. 157–211.
3. Киссин И.Г. Флюиды в земной коре: геофизические и тектонические аспекты. М.: Наука, 2009. 328 с.
4. Мирошниченко А.И., Сорокин А.П., Саньков В.А., Лухнев А.В., Ашурков С.В., Сорокина А.Т., Серов М.А., Панфилов Н.И. Космическая геодезия в задачах геодинамики: современные движения в Зейско-Буреинском бассейне // Тихоокеанская геология. 2008. Т. 27, №1. С. 73-81.

5. *Осика Д.Г.* О динамике флюидов и сейсмически активных областях // Дегазация Земли и геотектоника. М.: Наука, 1980. С. 135-141.

7. *Сорокина А.Т.* Гидрогеологические системы Верхнего Приамурья. Владивосток: Дальнаука, 2005. 167 с.

8. *DeMets C., Gordon R.G., Argus D.F. and Stein S.* Current plate motions // *Geophys. J. Int.* 1990. V. 101. P. 425–478.

Содержание

<i>Дмитриевский А.Н., Валяев Б.М.</i> Углеводородная дегазация Земли и генезис нефтегазовых месторождений: развитие идей П.Н. Кропоткина.....	3
<i>Дмитриевский А.Н.</i> Формирование энергоактивных и флюидонасыщенных зон Земли	6
<i>Летников Ф.А.</i> Углеводородная ветвь глубинной дегазации.....	8
<i>Авилов В.И., Авилова С.Д.</i> Концепция перманентного нефтегазообразования.....	11
<i>Авилов В.И., Авилова С.Д.</i> Тенденции развития нефтегазовой науки	14
<i>Александров А.Р., Рожин И.И., Сивцев А.И., Сюдюков И.Ш.</i> Об уровне мерзлотно-гидратного флюидоупора в пределах погребенного Якутского поднятия.....	18
<i>Алексеев В.А., Дюжева Т.И., Мельник Н.Н.</i> Водородно-углеродная дегазация Земли и образование мелкодисперсного углерода при высоких давлениях и температурах	21
<i>Алексеев В.А., Алексеева Н.Г., Даниялов М.Г., Копейкин, Морозов П.А.</i> Исследования разломов и подводных каналов грязевых вулканов георадаром и по потоку водорода	22
<i>Алиев Ч.С.</i> Реакция радонового поля земной поверхности на землетрясение ..	26
<i>Алиев Ад.А., Бабаев Ф.Р., Гулиев И.С.</i> Геохимические критерии прогнозирования состава нефтей месторождений Южно-Каспийской впадины	29
<i>Анисимов Л.А.</i> Главный углеводородный пояс Земли.....	32
<i>Асланикашвили Н.А., Суладзе А.И., Иорашвили В.Г.</i> О роли глубинных факторов в процессе угленакопления	35
<i>Астафьев Д.А.</i> Роль планетарной магмофлюидодинамической системы Земли в тектогенезе, бассейно- и нафтидогенезе	39
<i>Астахов А.С., Колесник А.Н.</i> Седиментологические и геохимические признаки современной дефлюидизации грабен-рифтовой системы Чукотского моря	43
<i>Аухатов Я.Г., Ситдикова Л.М., Изотов П.В., Изотов В.Г.</i> Некомпенсированные седиментационные бассейны сероводородного заражения как индикаторы процессов глубинной дегазации.....	47
<i>Бабаджанов Т.Л., Мордвинцев О.П.</i> Региональные геолого-геофизические критерии определения стратегии поисков месторождений	49
<i>Багдасарова М.В.</i> Современный вулканизм – основной процесс дегазации Земли и формирования флюидогенных полезных ископаемых, в том числе нефти и газа	52

<i>Балицкий В.С., Пентелей С.В., Новикова М.А., Балицкая Л.В.</i> Поведение и фазовые состояния водно-углеводородных флюидов при повышенных и высоких температурах и давлениях (по экспериментальным данным) .	56
<i>Баренбаум А.А., Шиловская Т.И., Шиловский А.П.</i> Девонские траппы и их роль в формировании ловушек углеводородов	59
<i>Баркин Ю.В.</i> Некоторые закономерности расположения планетарной сетки месторождений полезных ископаемых, нефти и газа.....	62
<i>Баркин Ю.В.</i> Об одном методе прогноза планетарного расположения месторождений полезных ископаемых, нефти и газа.....	66
<i>Баталин О.Ю., Вафина Н.Г.</i> Дегазация Земли и условия образования залежей.....	68
<i>Белашев Б.З., Горьковец В.Я., Раевская М.Б.</i> Биогеоэкологический эффект действия эндогенных флюидов	74
<i>Бембель Р.М.</i> Геосолитонная дегазация Земли и других космических тел ...	75
<i>Бембель Р.М., Мегеря В.М., Бембель С.Р.</i> Результаты физико-геохимических исследований дегазации геосолитонных трубок на примере Полутынской площади (Западная Сибирь)	79
<i>Берлин Ю.М., Марина М.М.</i> Количественная оценка масштабов генерации нефтяных углеводородов в кайнозойских отложениях Западного (Болгарского) сектора Черного моря	82
<i>Валяев Б.М.</i> Нетрадиционные ресурсы и скопления углеводородов: природа и специфика процессов нефтегазоаккумуляции	85
<i>Васильева З.А., Джафаров Д.С.</i> Косвенные признаки существования природных газогидратов	90
<i>Васянина Д.И., Соловьёва А.В., Фрик М.Г.</i> Органические компоненты осадочно-вулканогенных пород нижнего триаса на севере Западной Сибири	93
<i>Введенская А.Я.</i> Влияние современной геодинамики на формирование скоплений углеводородов в протерозойских отложениях Балтийского щита.....	96
<i>Введенская А.Я.</i> Пластово-барическая зональность в нефтегазоносных районах Европейской части России	99
<i>Вилесова Л.А.</i> Геодинамический прогноз нефтегазоносности севера Пермского края.....	102
<i>Вобликов Б.Г., Стерленко З.В., Туманова Е.Ю.</i> О роли глубинной дегазации в образовании углеводородов в нижней части осадочного чехла..	104
<i>Всеволожский В.А., Киреева Т.А.</i> Гидрогеодинамика процессов нефтегазообразования	105
<i>Вялов В.И., Ларичев А.И.</i> О связи процессов образования твердых горючих ископаемых и руд в истории Земли	109
<i>Гилат А.</i> Содом и Гоморра: гидротермальные взрывы и самовозгорание горючих газов, вызванные землетрясением?.....	112
<i>Голицын Г.С., Вульфсон А.Н.</i> Оценка эффективности преобразования термической энергии для политропной модели мантии Земли.....	115

<i>Горбачевич Ф.Ф., Икорский С.В., Жариков А.В.</i> Проницаемость и структура глубинных пород в разрезе Кольской сверхглубокой скважины.....	118
<i>Горюнов Е.Ю., Игнатов П.А., Сим Л.А., Чесалова Е.И., Климентьева Д.Н.</i> Нефтегазоносность и новейшая тектоника Волго-Уральского региона ..	121
<i>Готтих Р.П., Писоцкий Б.И.</i> Некоторые аспекты дегазации Земли и нефтегазоносность	125
<i>Гридин В.И.</i> Пространственное распределение проявлений глубинной дегазации и каналов миграции углеводородов в Прикаспийском регионе	131
<i>Гридин В.И.</i> Системный подход к изучению каналов дегазации в Кузнецком метанугольном бассейне.....	133
<i>Гусев Г.А., Гусева З.Г., Гуфельд И.Л.</i> Моделирование нелинейных свойств сейсмического процесса.....	135
<i>Гуфельд И.Л.</i> Колебательный режим объемно-напряженного состояния земной коры, обусловленный процессами дегазации	139
<i>Дадашев А.М.</i> Флюидодинамика нефтегазоносных бассейнов: фундаментальные и прикладные аспекты	142
<i>Дзябченко А.В.</i> Модели ориентационного разупорядочения молекул воды в структурах газовых гидратов.....	143
<i>Дмитриевский А.Н., Юрова М.П., Томилова Н.Н.</i> Вулканогенные ловушки газа как свидетельство глубинной дегазации Земли	146
<i>Доманский А.В., Ершов В.В.</i> Оценка сейсмического воздействия на динамику грифонной деятельности грязевых вулканов.....	150
<i>Дыхан С.В., Степанов Г.В.</i> Показатель нечётности как признак дегазации углеводородных скоплений	153
<i>Енгальчев С.Ю.</i> Подводные газово-флюидные разгрузки и проблема происхождения уникальных ураново-редкометалльных месторождений Ергенинского района Калмыкии.....	157
<i>Епифанов В.А.</i> Влияние космогенных ритмо-циклов пульсационной дегазации Земли на геолого-климатические процессы и явления.....	159
<i>Епифанов В.А.</i> Дегазационно-водная гипотеза образования ледниковых отложений и ландшафтов	163
<i>Жигалин А.Д., Архипова М.А., Алексеев В.А., Алексеева Н.Г.</i> Геофизические и геоботанические исследования на активных грязевых вулканах Тамани.....	166
<i>Забанбарк А.</i> Распространение крупных месторождений нефти и газа – источник углеводородной дегазации (бассейн Персидского залива)	168
<i>Занкевич Б.А., Шафранская Н.В.</i> Геодинамическая модель зоны газовыделения северо-западной части Черного моря.....	171
<i>Запивалов Н.П., Исаев Г.Д.</i> Критерии «вторичности» формирования залежей нефти и газа	175
<i>Зинатов Х.Г., Ефимов А.А.</i> Неогеодинамика юго-востока Волжско-Камской антеклизы и выявление очагов скрытой разгрузки углеводородов в республике Татарстан.....	178

<i>Злобин Т.К., Полец А.Ю.</i> Возможная роль глубинных флюидов в извержении вулкана Пик Сарычева в 2009 году и сильных Симуширских землетрясений 2006–2009 гг. на Средних Курилах	182
<i>Иманов А.А.</i> Роль глубинных геофлюидалных давлений и структурно-тектонических условий на формирование месторождений нефти и газа	185
<i>Индукеев Ю.В.</i> Дегазация глубинных систем Земли, природа плюмов, единство и многообразие геологических процессов, обусловленных углеродно-неорганическими флюидами, в различных геодинамических обстановках	188
<i>Исмаил-Заде А.Д.</i> Циклическая сопряженность нефтегазообразования в Каспийском бассейне с тектоно-магматической активизацией Кавказа	191
<i>Кадышев Е.А., Островский В.Е.</i> Гидратная гипотеза происхождения живой материи: логические и термодинамические основы	195
<i>Казанкова Э.Р., Корнилова Н.В.</i> Особенности формирования Астраханского серогазоконденсатного месторождения (с позиции нелинейной геодинамики).....	198
<i>Карасева Т.В., Титова Г.И., Попов С.Г., Горбачев В.И.</i> Изотопный состав глубинных газов.....	202
<i>Каюкова Г.П., Романов Г.В., Зинатуллина И.П., Исламова Р.Р.</i> Признаки нефтеносности разломов в продуктивных комплексах восточного склона Южно-Татарского свода.....	205
<i>Каюкова Г.П., Киямова А.М., Романов Г.В., Ситдикова Л.М., Каралин Э.А.</i> Гидротермальные превращения органического вещества и породообразующих минералов фундамента Ромашкинского месторождения	208
<i>Киквадзе О.Е., Лаврушин В.Ю., Покровский Б.Г., Поляк Б.Г.</i> Происхождение изотопно-тяжелой углекислоты в грязевулканических системах Тамани.....	213
<i>Киреев Ф.А.</i> Граниты и нефтегазоносность	216
<i>Киреева Т.А., Всеволожский В.А.</i> Состав флюида первичной миграции микронепти	219
<i>Кирюхин А.В.</i> Моделирование условий формирования и эксплуатации геотермальных месторождений и нефтяных залежей в вулканогенных резервуарах	223
<i>Конанова Н.В.</i> Перспективы мантийной газоносности Тимано-Североуральского региона (геофизические критерии).....	226
<i>Козлов С.В.</i> Гидратное перемирие в происхождении нефти и газа.....	230
<i>Колокольцев В.Г., Ларичев А.И., Скачек К.Г.</i> Конвергентные метасоматиты в осадочных толщах как индикаторы каналов миграции углеводородных флюидов	234
<i>Копничев Ю.Ф., Соколова И.Н.</i> Глубинные флюиды и сейсмичность	238
<i>Королев Э.А., Трофимов В.А., Хузин И.А.</i> Палеовнедрения углеводородных флюидов в отложениях пермского возраста на Сюкеевском месторождении битумов	241
<i>Короновский Н.В., Демина Л.И.</i> Роль флюидов в магматизме и геодинамике коллизионного этапа развития Кавказа.....	244

<i>Коротков С.Б.</i> Новые подходы к поискам глубокопогруженных залежей углеводородов	247
<i>Коротков Б.С., Коротков С.Б.</i> Формирование залежей природного газа на больших глубинах	249
<i>Косачев И.П., Изотов В.Г., Ситдикова Л.М., Косачева Э.М.</i> Глубинные геофлюиды как потенциальный источник месторождений углеводородного сырья	251
<i>Кофман Р.Г., Магалашвили А.Г.</i> Опыт исследования влияния сопряженности эффузивного и интрузивного магматизма на процесс формирования некоторых месторождений в пределах мезозойских островодужных систем Кавказа	255
<i>Кочемасов Г.Г.</i> Нефтегазообразование в рамках разномасштабных тектонических блоков Земли волновой природы	258
<i>Кузин А.М.</i> О возможной природе резервуаров воды в консолидированной земной коре	261
<i>Кузин А.М.</i> Отображение инфильтрации воды и её растворов в значениях параметра V_p/V_s в нефтегазоносных территориях	265
<i>Кузнецов А.А.</i> Природа Земли как космического тела: геологические и биохимические следствия	268
<i>Кутинов Ю.Г.</i> Возможная нефть Мезенской синеклизы	271
<i>Кучеров В.Г., Пиковский Ю.И., Гласко М.П., Хлынина Н.И.</i> Импактные кратеры – каналы углеводородной дегазации Земли	274
<i>Лапоухов А.Н.</i> Осложнения, развивающиеся на поздней стадии разработки северных месторождений и их геодинамическая обусловленность	278
<i>Лапоухов А.Н.</i> Медвежье ГКМ: проблема оценки запасов газа и перспективы его извлечения на заключительной стадии разработки	281
<i>Ларин Н.В., Ларин В.Н., Горбатилов А.В.</i> Кольцевые структуры, обусловленные глубинными потоками водорода	284
<i>Ларичев В.В., Попков В.И.</i> Флюидодинамика глубокопогруженных комплексов НГБ	288
<i>Лебедько Г.И., Моисеенко В.Г.</i> Нефтегазоносность юга России	292
<i>Лебедько Г.И., Парада С.Г.</i> Проблемы металлогенического анализа Северного Кавказа	295
<i>Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н.</i> Обнаружение и картирование скоплений углеводородов в разломных зонах кристаллических пород геоэлектрическими методами	298
<i>Левшунова С.П.</i> Роль глубинных неуглеводородных газов в формировании нефтей	302
<i>Лейфман И.Е.</i> Молекулярные критерии генерации нефти	303
<i>Лейфман И.Е.</i> Общее в генерации гидротермальных и интрузивных нефтей	307
<i>Леоненко Г.Н.</i> Энергетика и механизм вторжения и перемещения глубинных флюидов и их роль в нефтегазоносности осадочных бассейнов	310

<i>Леоненко Г.Н., Кончаков В.Н., Агапов А.В.</i> Зоны трещиноватости, как элементы обмена веществом и энергией. Их отражение в геолого-геофизических системах	314
<i>Литвинова А.В., Ломтев В.Л.</i> К строению подводной окраины СВ Сахалина	317
<i>Лифшиц С.Х.</i> Возможная роль мантийно-корового взаимодействия в процессах нефтеобразования.....	320
<i>Логвина Е.А., Матвеева Т.В., Кориунов Д.А., Гладыш В.А., Босин А.А., Черкашев Г.А., Крэйн К., Уитледж Т.</i> Покмарки Чукотского моря	323
<i>Ломтев В.Л., Торгаилов К.Ю.</i> К строению и газоносности осадочного кайнозоя на западном борту Татарского трога (Японское море).....	325
<i>Лузин В.Ф., Бычинский В.А., Коновалова Н.Г.</i> Дегазация Земли и углеводородные газовые гидраты	328
<i>Любчак А.В., Хоха Ю.В., Храмов В.Н.</i> Методика расчета термодинамических условий и глубин образования природных газов	330
<i>Макаров В.П.</i> О составе источника вещества нефти	333
<i>Макаров В.П.</i> Об источниках вещества природных углеводородных газов.	337
<i>Мальшиев А.И.</i> Газовый фактор в эндогенных процессах	341
<i>Мальшева Л.К., Мальшев А.И.</i> Зоны естественного углеводородного синтеза как фактор формирования предбиологических состояний	344
<i>Махмудов Х.И., Самедова К.Ф.</i> Роль флюидов в рудообразовании мезозоя (на примере Чирагдеринского рудного поля Азербайджана)	347
<i>Мачальский Д.В.</i> Донные флюиды и бактериальные маты в олигоцене Карпат	350
<i>Мельников О.А.</i> Дегазация Земли – следствие более общего геодинамического механизма – сепаратогенеза или геосферогенеза.....	353
<i>Микерина Т.Б.</i> Закономерности изменения параметров теплового поля в мезокайнозойских отложениях Западного Предкавказья.....	356
<i>Молчанов В.П., Медведев Е.И., Плюснина Л.П.</i> Углеродизация и природные амальгамы золота и платины Фадеевского рудно-россыпного узла (Приморье).....	358
<i>Мордвинцев Д.О.</i> Региональные особенности глубинного строения Ферганской впадины и их связь с размещением месторождений нефти и газа.....	361
<i>Мордвинцев О.П., Мордвинцев Д.О.</i> К вопросу о возможной природе заложения флексурно-разрывных зон поперечного «Антитяньшаньского» простирания и их влиянии на геологическое строение и размещение месторождений Средней Азии.....	364
<i>Морозов В.П., Плотникова И.Н., Каюкова Г.П., Кольчугин А.Н., Королев Э.А., Пронин Н.В., Носова Ф.Ф.</i> Геодинамический и геофлюидный режимы бассейнов породообразования как факторы, определяющие потенциальную продуктивность нефтяных залежей (на примере месторождений нефти центральной части Волго-Уральской НГП).....	367

<i>Муравьев В.В., Сумерин Е.В.</i> Структурно-геодинамические предпосылки единосистемного проявления в геологическом пространстве процессов рудо- и нафтидогенеза	371
<i>Мычак А.Г., Филиппович В.Е.</i> Геодинамические аспекты флюиодинамики территорий длительной нефтегазодобычи	373
<i>Наушко И.М., Белецкая Ю.А., Зинчук И.М., Сворень Й.М.</i> Термобарометрия и геохимия флюидов прожилково-вкрапленной минерализации нефтегазоперспективных площадей надвиговых и поднадвиговых структур Украинского Предкарпатья	378
<i>Никонов А.И., Петижева С.М.</i> Роль дегазации метана в термодинамической стабилизации криолитозоны	382
<i>Номоконова Г.Г.</i> Петрофизические изменения геологического разреза в связи с нефтегазонакоплением	385
<i>Нурғалиев Д.К., Нурғалиева Н.Г., Чернова И.Ю., Хасанов Д.И., Нугманов И.И., Даутов А.Н.</i> Современная методология прогноза зон нефтегазонакопления в пределах платформенных областей	388
<i>Обжиров А.И.</i> Источник потока метана в Охотском море	391
<i>Обжиров А.И., Пестрикова Н.Л., Мельниченко Ю.И.</i> Морфоструктуры Охотского моря в связи с процессом дегазации	394
<i>Озерова Н.А.</i> Общность процессов формирования ртутных концентраций в месторождениях горючих ископаемых и рудных месторождениях	397
<i>Павленкова Н.И.</i> Роль дегазации Земли в глобальной геодинамике.....	400
<i>Петренко В.И., Красильникова О.В., Петренко Н.Н., Петренко И.Н.</i> Массоперенос химических элементов флюидами при разработке месторождений углеводородов	403
<i>Петренко В.И., Зленко В.Я., Бондаренко М.А., Петренко Н.Н.</i> Формирование АВПД при эндогенном прогреве газовой залежи.....	406
<i>Печенкин И.Г.</i> Рудогенез в нефтегазоносных бассейнах Центральной Азии .	410
<i>Пигулевский П.И., Свистун В.К., Толкунов А.П., Чуприна И.С.</i> О современной активизации Криворожско-Кременчугского разлома Украинского щита.....	413
<i>Плотникова И.Н.</i> Критерии выявления процессов дегазации Земли на примере Южно-Татарского свода и прилегающих территорий	416
<i>Поликарпов В.К., Ладнер Г.А.</i> «Трубы» углеводородной дегазации как механизм возобновления месторождений углеводородов и базисная посылка для прогноза нефтегазоперспективных зон	419
<i>Поцелуев А.А.</i> Углеродистые вещества в гидротермальных урановых и редкометалльных месторождениях	421
<i>Пржиялговский Е.С.</i> Флюидный режим как фактор изменения реологии горных пород и характера деформаций.....	425
<i>Пронин А.П., Вольфсон И.Ф.</i> Взрывная флюидная активность Земли и минерально-сырьевые ресурсы, биосферные кризисы, глобальная опасность.....	428
<i>Пронин А.П., Вольфсон И.Ф., Одерова А.В.</i> Дегазация недр и медико-геологические обстановки Республики Литвы	431

<i>Пунанова С.А., Виноградова Т.Л.</i> Углеводородные и микроэлементные показатели раннекатагенетических нефтей и конденсатов	434
<i>Раменская М.Е.</i> О роли минеральных поверхностей в гидротермальной предбиологической эволюции соединений углерода	437
<i>Ребецкий Ю.Л.</i> О роли гравитационных остаточных напряжений в коре и мантии (в связи с идеями П.Н. Кропоткина о механизмах генерации напряжений).....	440
<i>Родкин М.В.</i> Роль рециклинга вещества тектоносферы в процессах нефтегенеза.....	442
<i>Родников А.Г., Забаринская Л.П., Сергеева Н.А.</i> Дегазация Земли и формирование осадочных бассейнов на границе континент – океан ...	445
<i>Рокосов Ю.В.</i> Дегазация Земли и закономерность гидротермального нефтеидогенеза	449
<i>Романюк Т.В., Ткачев А.В.</i> Крупнейшие мировые бор-литиеносные провинции: пути миграции рудных элементов и механизм формирования ..	452
<i>Рудницкая Д.И., Старосельцев В.С., Сальников А.С.</i> Глубинные сейсмогеологические критерии регионального прогнозирования нефтегазоперспективных зон	455
<i>Румянцев В.Н.</i> Водород в ядре Земли и его роль в тектоно-магматических процессах	460
<i>Рустамов М.И.</i> Мантийный диапиризм и геодинамическая дифференциация полей нефтегазоносных и рудномагматических систем в Персидско-Кавказском сегменте	463
<i>Рычкова К.М.</i> Изотопы гелия в подземных флюидах востока Тувы и юго-запада байкальской рифтовой зоны.....	468
<i>Рябинкин С.В.</i> Коэффициенты Ван Кревелена и Лейфмана–Вассоевича и их поведение при катагенезе органического вещества углей	471
<i>Рябинкина Н.Н., Симакова Ю.С.</i> Литолого-геохимические критерии проявления глубинных тектонических процессов (на примере визейского комплекса Печорского бассейна).....	474
<i>Савиных Ю.В., Лукин А.Е., Донцов В.В.</i> Роль глубинных флюидов в образовании месторождений нефти в коллекторах фундамента.....	476
<i>Савиных М.И., Серебренникова О.В., Фролова Л.Н.</i> Мумиеносность Алтае-Саяно-Хангайского континентального свода и характеристика руд	479
<i>Савко А.Д., Шевырёв Л.Т.</i> Воронежская антеклиза: новые геолого-геохимические свидетельства рецентного глубинного тепломассопереноса.....	483
<i>Савченко И.Ф.</i> Обмен веществом между биосферой и оболочками Земли в фанерозое	486
<i>Садиков Ф.С.</i> О реальной модели планеты Земля	489
<i>Седлерова О.В.</i> Закономерности распространения месторождений углеводородов на северо-западном шельфе Черного и акватории Азовского морей (неотектонический аспект).....	493

<i>Сейфуль-Мулюков Р.Б.</i> Законы информатики в познании генезиса сложных природных систем – на примере нефти	495
<i>Семенов Н.М.</i> Еще о геологической природе Тунгусской катастрофы	498
<i>Сидоров А.А., Волков А.В., Глов В.Е.</i> О связях зон «скрытых» рудокон- тролирующих разломов с проявлениями углеводородов на Северо-Востоке России.....	501
<i>Сим Л.А., Ребецкий Ю.Л., Козырев А.А., Жиров Д.В.</i> Развитие идей П.Н. Кропоткина о широком распространении в земной коре горизонталь- ного сжатия (на примере платформ Северной Евразии)	504
<i>Смирнова М.Н.</i> Закономерности распространения нефтяных месторождений Терско-Сунженской области.....	509
<i>Смирнова М.Н. И.Я. Фурман</i> – ученый и педагог	511
<i>Смирнова М.Н.</i> Работы П.Н. Кропоткина в области теоретической геотекто- ники.....	513
<i>Соколова Н.В.</i> Роль флюидных потоков разного ранга в геодинамиче- ских перестройках	514
<i>Соловьев Н.Н.</i> О принудительном углеводородном массообмене в осадочных бассейнах	518
<i>Соловьев Б.А., Кондратьев А.Н., Левинунова С.П.</i> Перспективы нефтегазона- сности зоны сочленения Прикаспийской впадины и кряжа Карпинского	520
<i>Соловьев Н.Н., Кузьминов В.А., Салина Л.С., Семашев Р.Г.</i> Субверти- кальные зоны разломно-трещинного разуплотнения пород осадоч- ного чехла как элементы геофлюидодинамической системы месторожде- ний углеводородов: значение и прогнозирование	522
<i>Сорохтин Н.О., Козлов Н.Е.</i> Эволюция нефтегазонасыщенных бассейнов Западной части Арктического шельфа России	524
<i>Спивак А.А.</i> Временные вариации эманацій ²²² Rn как индикатор геодинами- ческого режима земной коры	527
<i>Стефанов Ю.П.</i> Численное моделирование развития неупругой дефор- мации в геосреде в разных режимах	530
<i>Суетнова Е.И.</i> Эволюция газогидратных скоплений в условиях ано- мально высокого порового давления в накапливающихся осадках	533
<i>Сывороткин В.Л.</i> Глубинная дегазация, аномальная погода и клима- тические изменения	536
<i>Сывороткин В.Л.</i> Глубинная дегазация и взрывы на шахтах	539
<i>Сюндюков И.Ш., Сивцев А.И.</i> Использование катагенеза углей для палеотек- тонических реконструкций в Лено-Вилуйском нефтега- зональном бассейне	542
<i>Тарасенко Г.В., Демичева Е.А.</i> Конкреционная модель планеты Земля и холодный ядерный синтез (ХЯС).....	545
<i>Тарханов Г.В., Фрик М.Г., Титова Г.И., Наркисова В.В.</i> Особенности состава и генезис углеродистого вещества шунгитонасыщенных толщ па- леопротерозоя Балтийского щита	548

<i>Телепин М.А.</i> Механизмы тектогенеза: ключевая реалья — гистерезис-ность геосреды.....	551
<i>Телепин М.А.</i> О становлении в теле Земли структур проницаемости	554
<i>Телепин М.А.</i> Оценка движений в геосреде в обстановке дифференциации	558
<i>Терез Э.И., Герасимов М.Е.</i> Квазитермоядерная природа геодинамической эволюции и дегазации Земли	560
<i>Терехов Е.Н., Балугев А.С.</i> Положительная Еи аномалия как индикатор глубинного происхождения породообразующих флюидов	564
<i>Тимурзиев А.И.</i> от теории труб дегазации П.Н. Кропоткина к технологии картирования очагов разгрузки глубинных флюидов.....	567
<i>Тихомиров В.В.</i> Молекулярный азот в пластовых флюидах Волго-Уральского нефтегазоносного бассейна	571
<i>Трофимов В.А., Волгина А.И., Трофимов А.В.</i> Повышение эффективности нефтегазопроисковых работ на основе концепции о глубинном происхождении углеводородов	573
<i>Трофимов В.А., Королев Э.А., Хузин И.А.</i> Что такое нефтеподводящие каналы?	577
<i>Труфанова С.Ф., Мурогова Р.Н.</i> Газогеохимические критерии глубинности процессов нефтегазообразования	580
<i>Федоров Ю.Н., Маслов А.В., Ронкин Ю.Л.</i> Элементы-примеси в продуктах грязевого вулканизма Керченско-Таманской области	583
<i>Федоров Ю.Н., Маслов А.В., Ронкин Ю.Л., Лепихина О.П.</i> Микроэлементная характеристика сырых нефтей Шаимского и Среднеобского нефтегазоносных районов Западной Сибири: новые данные.....	586
<i>Фейзуллаев А.А., Francu J.</i> О роли процесса генерации углеводородов в формировании в осадочном разрезе избыточных давлений.....	590
<i>Фейзуллаев А.А., Кадыров А.Г., Кадиров Ф.А.</i> Пространственная корреляция сейсмичности, аномально высоких давлений и нефтегазоносности Южно-Каспийского бассейна Азербайджана.....	593
<i>Филиппов М.М.</i> Первая в истории Земли эпоха массовой генерации и миграции нефти	596
<i>Филиппов М.М., Бискэ Н.С.</i> Признаки АВПД в метасапропелитах Заонежской свиты палеопротерозоя Карелии.....	599
<i>Фоменко А.В.</i> Глобальные изменения окружающей среды и безопасность буровых работ	603
<i>Фоменко А.В.</i> Недостатки нормативно-правового обеспечения производственного использования технологий сопряженного мониторинга.....	607
<i>Хавкин А.Я., Сорокин А.В., Табакаева Л.С.</i> О слоях газогидратов в водных средах	610
<i>Харченко В.М., Куксов С.В., Дагаев И.Л.</i> Структуры центрального типа и линеаменты, их связь с очагами нефтегазообразования, каналами миграции и процессами глубинной дегазации (на примере Северного Кавказа и Предкавказья)	613

<i>Хаустов В.В.</i> О геодинамическом типе водообмена в пределах Южно-Каспийской впадины	616
<i>Хачатурян М.В., Петренко В.И., Зленко В.Я.</i> Начальный энергетический потенциал крупного газоконденсатного месторождения	618
<i>Храмов В.Н., Любчак А.В., Хоха Ю.В.</i> Результаты расчета глубин образования месторождений природного газа Украины	621
<i>Четырбоцкий А.Н.</i> Численное моделирование распределения температуры нижней поверхности литосферы	623
<i>Чистова З.Б., Кутинов Ю.Г.</i> Тектонические узлы Севера Русской плиты – «трубы дегазации» и межгеосферного взаимодействия.....	626
<i>Чудецкий М.Ю.</i> Модель подземной биосферы в нефтегазовых бассейнах – новые детали.....	629
<i>Шарапов В.Н., Томиленко А.А., Чудненко К.В.</i> Фациальные вариации составов потоков надастеносферных флюидов, взаимодействующих с породами в проницаемых зонах литосферной мантии	633
<i>Шатахьян А.Р.</i> Распределение объемов рудных месторождений с точки зрения законов распределения УВ месторождений.....	636
<i>Шестопалов А.В.</i> О связи вертикальных тектонических разломов с орогенезом, дегазацией Земли и нетрадиционный способ объяснения этой приуроченности	639
<i>Шиловская Т.И., Шиловская И.А., Шиловский А.П.</i> Новые подходы к оценке углеводородных ресурсов и стратегия проведения нефтегазописковых работ в Московской синеклизе.....	642
<i>Шипилов Э.В.</i> Роль эндогенного фактора в формировании месторождений-гигантов углеводородов Восточно-Баренцевского бассейна	645
<i>Широков Д.А.</i> Требования к погружным насосам и применения «нефтяных» технологий в скважинах по добыче метана из угольных пластов	648
<i>Школьник Э.Л., Жегалло Е.А., Оксенгорн Ф.С., Еганов Э.А.</i> Нефтегазовые концентрации и фосфориты – пространственные и генетические соотношения.....	651
<i>Шляховский В.А.</i> Использование геофизических методов для выявления неоднородностей литосферы как источников глубинного формирования углеводородов	654
<i>Шмулович К.И.</i> Фазовые равновесия и миграция флюида в кристаллических породах	657
<i>Эфендиева М.А., Эфендиева С.Т.</i> Перспективы нефтегазоности отложенных майкопской серии на территории Азербайджана	659
<i>Юркова Р.М., Воронин Б.И.</i> Перенос молекул водорода и метана в структурных ячейках серпентинов при подъеме офиолитового диапира.....	662
<i>Якуцени В.П.</i> Изотопный состав гелия – универсальный маркер источника и эволюции вещества Земли	666
<i>Якушин Л.М.</i> К проблеме происхождения и динамике флюидов в недрах Земли.....	668

<i>Беленицкая Г.А.</i> Черные сланцы как «нафтодочерние» образования	671
<i>Alekseev V.A., Alekseeva N.G., Daniyalov M.G.</i> Changes in the Caspian Sea level associated with the historically recorded eruption events in Russia (Caucasia) and Turkey	676
<i>Alekseev V.A., Alekseeva N.G., Daniyalov M.G., Matvienko G.G.</i> On the Methane Origin in the Black Sea	678
<i>Barkin Yu.V.</i> Main directions of studies in geodynamics and planetodynamics ..	680
<i>Bataleva E.A., Batalev V.Yu., Pybin A.K., Matyukov V.E.</i> Deep structure, geodynamic and fluids in the Tarim - Tien Shan junction zone according magnetotellurics and seismics data	685
<i>Giuseppe Etiope.</i> Present emission of methane, ethane and propane from Earth's degassing	688
<i>Galant Y.B.</i> Relations between gas components in basalt rocks of Kura Rift	689
<i>Romanko A.</i> On a degassing and localization processes in some structures	692
<i>Sheremet Ye.M., Kulik S.N., Nikolaev I.Yu.</i> Geodynamic settings, geoelectric anomalies and deep fluids in precambrian of the Ukrainian shield	693
<i>Сорокина А.Т., Сорокин А.П., Серов М.А., Попов А.А.</i> «Чувствительные зоны» земной коры на восточной окраине Амурской литосферной плиты и их флюидный режим	696

Научное издание

ДЕГАЗАЦИЯ ЗЕМЛИ: ГЕОТЕКТОНИКА, ГЕОДИНАМИКА, ГЕОФЛЮИДЫ; НЕФТЬ И ГАЗ; УГЛЕВОДОРОДЫ И ЖИЗНЬ

Материалы Всероссийской конференции с международным участием,
посвященной 100-летию со дня рождения академика П.Н. Кропоткина,
18-22 октября 2010 года, г. Москва.

Ответственные редакторы:
академик А.Н. Дмитриевский
доктор геол.-мин. наук Б.М. Валяев

Макет *А.Н. Кураленко-Балакирев*

Подписано к печати 07.09.2010
Формат 70x100 1/16. Бумага офсет № 1, 80 г/м
Гарнитура Таймс. Печать офсетная. Уч.-изд. 59 п.л.

Тираж 400 экз.
Тип. ВТИИ. Москва, зак. № .

Издательство ПК ГЕОС
125315, Москва, 1-й Амбулаторный пр., 7/3-114.
Тел./факс: (495) 959-35-16, (499) 152-19-14
E-mail: geos@ginras.ru, geos-books@yandex.ru
<http://www.geos-books.ru>