



МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ
ПРОБЛЕМЫ ГЕОЛОГИИ
НЕФТИ И ГАЗА
И ИХ СВЯЗЬ
С ПРАКТИКОЙ

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ
ИНСТИТУТ ИСТОРИИ, ФИЛОЛОГИИ И ФИЛОСОФИИ

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ГЕОЛОГИИ НЕФТИ И ГАЗА И ИХ СВЯЗЬ С ПРАКТИКОЙ

Ответственный редактор
акад. *А. А. Трофимук*



НОВОСИБИРСК
ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
1986

Методологические проблемы геологии нефти и газа и их связь с практикой.— Новосибирск: Наука, 1986.

Сборник составлен на основе результатов исследовательской работы геологических научных учреждений СО АН СССР и докладов на семинаре и пленуме Научного совета по проблемам геологии и геохимии нефти и газа АН СССР. Анализируются проблемы генезиса нефти, условия формирования, закономерности размещения и прогноз скопления углеводородов. Главное внимание уделено общенаучным и дисциплинарным методам и подходам, особенностям их применения в теоретической и практической деятельности геологов.

Книга предназначена для широкого круга специалистов в области геологии, геохимии и других наук о Земле и всех интересующихся методологическими проблемами на научного познания и практики.

Рецензенты *А. Н. Дмитриев, О. С. Разумовский*

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

чл.-кор. АН СССР *А. П. Деревянко*, д-р геол.-мин. наук *А. Н. Дмитриевский*, *Л. П. Изарова* (секретарь), д-р геол.-мин. наук *Ю. П. Казанский*, д-р геол.-мин. наук *Ю. Н. Карогодин* (зам. отв. редактора), канд. геол.-мин. наук *В. А. Каштанов*, д-р филос. наук *А. Т. Москаленко* (зам. отв. редактора, составитель сборника), канд. филос. наук *А. Л. Симанов* (ответственный секретарь), д-р геол.-мин. наук *В. А. Соловьев*, чл.-кор. АН СССР *В. С. Сурков*

ПРЕДИСЛОВИЕ

Публикуемый сборник является двадцать шестым выпуском трудов философских (методологических) семинаров научных учреждений ордена Ленина Сибирского отделения Академии наук СССР. В его основу положены материалы состоявшихся в декабре 1984 г. в Новосибирске семинара и пленума Научного совета по проблемам геологии и геохимии нефти и газа АН СССР «Методологические проблемы геологии нефти и газа и их связь с практикой».

Роль нефти и газа Сибирского региона не только в структуре сырьевых и топливных ресурсов, но и во всей экономической жизни нашей страны не нуждается в специальном подчеркивании. «Добычу газа и нефти в Западной Сибири, их транспортировку в европейскую часть страны предстоит сделать важнейшими звеньями энергетической программы одиннадцатой, да и двенадцатой пятилеток», — подчеркивалось на XXVI съезде КПСС¹. Решением этой задачи заняты советские, в том числе и сибирские, геологи. Благодаря успешной разработке и внедрению целого ряда научно-технических нововведений, разрешению важных инженерных и геологических проблем достигнуто немало успехов в разведке, разработке и эксплуатации многих нефтяных и газовых месторождений.

Вместе с тем перед геологической наукой возникло немало новых сложных проблем, в том числе и методологического порядка, от решения которых во многом зависит эффективность деятельности больших коллективов ученых и практиков. Так, не будет преувеличением утверждать, что возможности дальнейшего экстенсивного развития геологии нефти и газа как «чисто» эмпирической науки фактически почти исчерпаны. Все большее число геологов ощущает потребность в осмыслении специфики развития методологиче-

¹ Материалы XXVI съезда КПСС. — М., 1981, с. 39.

ского арсенала геологической науки, путей и средств его дальнейшего совершенствования. Опыт исследования методологических проблем конкретных наук, в том числе геологии нефти и газа, убеждает в том, что эти проблемы можно решать лишь при тесном сотрудничестве с философами и представителями ряда других различных областей знания. Только такой комплексный подход к исследованию методологии конкретной науки позволит избежать односторонности, ослабить влияние на отдельных исследователей преобладающих парадигм и ценностных ориентаций.

Методологические проблемы геологии нефти и газа можно разбить по крайней мере на три группы. *Первая группа проблем* — проблемы совершенствования методики конкретных геологических исследований, эмпирического обобщения полученных данных. Разработка специальных методов геологии нефти и газа, в частности лабораторно-математического моделирования их генезиса и залегания, конкретных методов планирования поисково-разведочных работ, поиск путей применения геофизических и геохимических методов в нефтяной геологии и т. п. — все это весьма важно и в теоретическом и практическом отношении. Новые возможности создают широкое использование ЭВМ для первичного анализа эмпирических данных, применение аэрокосмических методов и других научных достижений. Однако для их более успешного использования необходимо решение предварительных задач более общего порядка. Использование математических методов для решения локальных задач геологии нефти и газа требует построения корректных математических моделей процессов, определения допустимых пределов формализации материала и т. п. Для эвристически оправданного применения методов ряда сложных научных дисциплин необходимо предварительное определение качественной специфики объекта исследования и построение общей модели его изучения. Следовательно, речь должна идти о разработке единой комплексной модели генезиса, размещения и миграции образований и скоплений углеводородов и о построении на этой основе целостной теории их поиска и разведки.

Исследователям теоретических проблем нефти и газа нужно постоянно помнить предостережение В. И. Ленина: «...Кто берется за частные вопросы без предварительного решения общих, тот неминуемо будет на каждом шагу бес-сознательно для себя «штыкаться» на эти общие вопросы»².

² Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 15, с. 368.

Вот почему *вторая группа проблем*, стоящих перед геологией углеводородов, связана с разработкой вопросов диалектики дисциплинарных и общенаучных методов в геологическом исследовании, дисциплинарного статуса геологии нефти и газа как научной дисциплины. Это — следующие вопросы: каковы структура геологической науки и место в ней геологии нефти и газа как специфической научной дисциплины? Что составляет предмет и объект исследования геологии нефти и газа? Каковы методы исследования данной науки и как соотносятся с ними общегеологические методы? и др.

Для того чтобы найти ответы на эти и подобные им вопросы, необходимо проделать достаточно сложную работу. Прежде всего необходима отработка категориального аппарата геологии нефти и газа. Большинство исследователей справедливо отмечает неоправданную семантическую перегруженность ряда терминов. Даже такие широко употребляемые концепты, как ловушка, залежь, месторождение, столь многозначны, что зачастую задают весьма различные предметы исследования. Таким образом, логико-семантический анализ и последующий категориальный синтез основных понятий геологии нефти и газа — это одна из самых насущных проблем развития ее теории. Использование инструментария математической логики позволит также ускорить процесс формализации ряда теорий и применения электроно-вычислительной техники в геологических исследованиях. Последующим этапом явилось бы становление целостной системы закономерностей и законов геологии нефти и газа, включающей в себя логически завершенные теории генезиса нефти, закономерностей ее размещения с методами прогнозов, единую комплексную теорию поиска и добычи нефти и газа.

Разработка подобной теоретической системы потребует широкого синтеза как дисциплинарных, так и общенаучных, а иногда и общефилософских принципов, методов и подходов. Ждут дальнейшей разработки с этих позиций также проблемы специфики геологической формы движения материи, диалектики общего и особенного в геологии нефти и газа, гносеологические проблемы субъект-объектного взаимодействия в процессе геологического познания и практики, специфики средств геологического познания и их зависимости от уровня развития общественно-исторической практики и т. д.

Решение важных методологических проблем такой конкретной науки, как геология нефти и газа, возможно только

при обращении ко всему арсеналу методологических средств на всех уровнях методологической рефлексии — от частно-научной до философско-мировоззренческой.

Общие методологические и философские принципы оказывают существенное влияние на методы конкретно-научного познания. Научный метод — это не спонтанное и произвольное порождение ума исследователя. Метод определяется природой исследуемого предмета и служит конкретной практической цели, организуя и направляя исследовательский процесс. В зависимости от степени сложности исследовательской задачи меняются и методы ее решения, используются разнообразные исследовательские приемы, виды эксперимента, статистические исчисления, теоретические обобщения, формально-логические средства и пр.

В любой отрасли науки, в научной дисциплине в условиях быстро развивающейся интеграции науки обычно применяется не один какой-либо метод, а целая система субординированных методов и исследовательских приемов, возникших и получивших развитие не только в смежных, но и в далеко отстоящих областях знания. Так, одним из важных и перспективных направлений дальнейшего становления геологии нефти и газа как научной дисциплины является широкое использование принципов системного подхода. Системная оценка объекта исследования и системный подход к решению вопросов организации геологического знания, а также вопросов нефтегазообразования, поиска и добычи нефти и газа весьма актуальны. Однако полностью раскрыть «разрешающую способность» системного подхода можно лишь в единстве с другими взаимодополняющими методами и подходами. Даже богатый эвристическими возможностями перспективный общенаучный метод не может стать основой построения развитой научной дисциплины (речь, конечно, идет не о «плюрализме» методологий, а о их разумном широком использовании).

Третьей группой проблем можно считать социологические и психологические проблемы развития геологии, мировоззренческие, социально-политические, экологические и нравственные вопросы формирования личности геолога. К ним относятся прежде всего проблемы повышения социальной ответственности геолога, вызванные ростом потребностей страны в нефти и газе, возрастанием затрат на их разведку и освоение, особенно в Сибири, и соответствующим увеличением «социальной цены» научного решения, например оценки перспектив нефтегазоносности и планирования геолого-разведочных работ на нефть и газ. Все более акту-

альны также вопросы охраны окружающей среды, социальные проблемы труда и быта геологов, нефтяников и газодобытчиков, особенно в районах нового освоения. Не секрет, что некоторые проблемы нефти и газа выносятся определенными кругами на орбиту межгосударственных отношений, используются в экономической и идеологической борьбе против социализма. История строительства газопровода Уренгой — Помары — Ужгород является ярким тому подтверждением. Все это требует от советского геолога не только высокой научной квалификации, но и классовой, партийной оценки характера и результатов своей деятельности, своего вклада в решение важных общегосударственных задач.

Особое значение в современных условиях приобретают и вопросы методологической подготовки геологических кадров. Широкое внедрение в тело геологической теории методологий различного уровня, зачастую значительно отличающихся от традиционно-геологических методов исследования и анализа фактов, порождает серьезные методологические и социально-психологические проблемы, многие из которых могут быть поняты как социально-психологический барьер на пути восприятия нового. Подтверждением наличия такого барьера можно считать приверженность многих геологов к традиционно-эмпирическим, «полевым» методам исследования, а также попытки решать специфические проблемы геологии нефти и газа методами смежных геологических наук. Вот почему задачи глубокой разработки методологических проблем геологии нефти и газа неразрывно связаны с задачами повышения уровня методологической подготовки современных геологов. Вот почему заслуживает самого пристального внимания предложение ряда видных геологов о создании методологической службы геологической науки, которая бы занималась, в частности, спланированным и скоординированным исследованием методологических проблем геологии нефти и газа. Прямым движением к этой цели можно считать деятельность философских (методологических) семинаров институтов геологического профиля ордена Ленина Сибирского отделения АН СССР, особенно методологического семинара Института геологии и геофизики СО АН СССР, работу Научного совета по проблемам геологии и геохимии нефти и газа АН СССР.

Публикация материалов данного сборника наряду с ознакомлением широкого круга исследователей с современным уровнем разработки проблем методологии геологии нефти и газа имеет целью привлечение внимания к ним как

специалистов-геологов, так и философов, логиков, социологов и психологов, всех интересующихся вопросами методологии научного познания. Логико-геосеологическая ситуация, сложившаяся сегодня в геологии нефти и газа, по-своему уникальна: ее всесторонний анализ возможен лишь на основе объединения усилий представителей различных наук. Успешное решение теоретических проблем имеет прежде всего практическое значение и направлено на достижение важных научных и социальных рубежей.

Некоторые материалы сборника опубликованы как свидетельство стремления редакционной коллегии способствовать продолжению плодотворной дискуссии относительно методологических проблем геологии нефти и газа. Поэтому редколлегия с благодарностью примет все критические замечания, советы и пожелания в отношении настоящего выпуска трудов философских (методологических) семинаров.

А. Т. Москаленко, *д-р филос. наук*,
В. П. Ворожцов, *канд. филос. наук*.

Раздел I

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ГЕОЛОГИИ НЕФТИ И ГАЗА

ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГЕОЛОГИИ НЕФТИ И ГАЗА

А. А. ТРОФИМУК, акад. АН СССР

В последнее десятилетие методологические вопросы стали важнейшими для всего естествознания, в том числе и геологии. Это обусловлено тенденцией к сближению общепhilosophической и конкретно-научной методологий — тенденцией, характерной для современной фазы развития научно-технической революции. В этот период наблюдается интенсивный рост знания, возникают новые методы, научные направления и науки, идет активная и дифференциация и интеграция наук. Однако если дифференциация в значительной мере процесс спонтанный (стихийный), то интеграция — процесс осознанный. Важнейшую роль в ее осуществлении призвана сыграть марксистско-ленинская методология. Она выступает как объединяющее начало всех философских выводов и принципов, необходимых для интеграции научного знания; как гносеологическое обоснование методов познания; как разработка способов проверки достоверности полученного знания той или иной конкретной науки и, наконец, как фактор революционного преобразования действительности. Таким образом, от современного исследователя требуется высокая методологическая культура, знание основ логики и философии.

Однако разработка методологических вопросов того или иного научного направления, той или иной конкретно-научной проблемы (будь то проблема генезиса нефти, формирования ее скоплений или их прогноза) — дело специалиста в этой области, а не философа. Философ, профессионал-методолог могут помочь геологу, но не могут заменить его при разработке методологических проблем конкретно-научного направления.

Важнейшие проблемы генезиса нефти и газа — это проблемы выявления факторов преобразования органического вещества, захороненного в осадках, в углеводороды, форми-

рования (и переформирования) скоплений углеводородов, миграции, закономерностей размещения месторождений, повышения достоверности и точности оценки потенциальных ресурсов углеводородов в пределах континентов, океанов.

Преобразование органического вещества в углеводороды в литмосфере, как показано экспериментальными исследованиями последних лет, происходит также и под воздействием тектоносейсмических факторов, ускоряющих этот процесс и способствующих понижению вязкости углеводородов, даже в условиях сравнительно низких температур и давлений. Тектонический фактор преобразования захороненного в осадках органического вещества должен быть принят во внимание при рассмотрении вопросов зональности распределения углеводородов в земной коре, при оценке перспектив нефтегазопосности осадочных бассейнов, а также для таких практических целей, как повышение нефтеотдачи нефтяных пластов и интенсификации притока нефти в скважинах.

Большое значение для геологии нефти и газа имеют открытые советскими учеными свойства природных газов образовывать в земной коре твердые соединения в виде газовых гидратов. Газогидраты, широко распространенные в зонах вечной мерзлоты, в придонной части морей и океанов в количествах, на порядки превышающих скопление углеводородов на материках, дали человечеству новый источник энергетического и химического сырья.

Крупных успехов добились советские геологи и в деле разработки объемно-генетических методов прогнозной оценки углеводородных ресурсов бассейнов осадконакопления. Этими методами, в частности, определены углеводородные ресурсы Западно-Сибирского бассейна. Однако применение этих методов наряду с успехами породило и следующие негативные явления.

1. У многих специалистов создалось необоснованное представление о том, что количество ресурсов зависит от степени изученности региона.

2. Выявилось стремление к занижению запасов углеводородов в регионе, вызванное недостатком информации об отдельных его частях (глубоководных центральных районах синеклиз, прогибах, грабен-рифтах и т. д.), как это имело место при прогнозном определении Прикаспийской провинции.

3. Проблема достоверного определения коэффициента аккумуляции в залежах углеводородов, возникших в бассейне за весь период его существования (с учетом потерь), недостаточно изучена и разрешена.

В связи с этим для важнейших осадочных бассейнов необходимо создать модели процессов образования углеводородов, их сосредоточения в залежи. На этих моделях можно осуществлять оценку прогнозных и выявленных запасов, степень их подтверждаемости и др.

Одна из самых важных проблем геологии нефти и газа — проблема прямого выявления залежей нефти и газа путем применения современных модификаций поисковой геохимии, сейсморазведки и электроразведки. Первые шаги в этом направлении уже сделаны в Восточной и Западной Сибири, в других нефтегазовых районах страны.

Геологи по совокупности всей имеющейся информации должны определить главные направления поиска, а геохимики и геофизики выявить (на первом этапе) местонахождение залежей углеводородов.

Нет нужды доказывать, что разработка методов прямого обнаружения залежей углеводородов — главный фактор резкого повышения эффективности поиска и разведки углеводородов. Это позволило бы в короткий срок и с высокой эффективностью решить такие общегосударственные задачи, как:

- 1) выявление, оценка и использование углеводородных ресурсов в старых нефтегазовых районах;

- 2) дальнейшее расширение географии баз нефтегазодобычи (Восточная Сибирь, Дальний Восток, акватории морей).

Еще одна важная проблема — проблема языка науки. Язык науки отражает уровень ее развития. Поэтому, как отмечал еще Лавуазье, борьба за совершенствование языка — это борьба за успехи науки. Точность языка необходима как для коммуникации ученых, так и для хранения, переработки и передачи знаний.

Анализом таких важнейших понятий нефтяной геологии, как ловушка, залежь, месторождение, зона, провинция и др.¹, выявлены несовершенство их дефиниций, разноречивость в оценке существенных признаков, по которым определяется то или иное понятие. Нередки нарушения правил логики, в частности теории понятий и определений. Несовершенство понятийно-терминологической базы геологии нефти и газа оказывается существенным препятствием на пути автоматизации

¹ См.: Трофимук А. А., Карогодин Ю. Н., Мовшович Э. Б. Методологические вопросы геологии нефти и газа. — Новосибирск, 1983.

зированной обработки геолого-геофизических материалов и создания единого, общесоюзного банка данных. Следовательно, создание непротиворечивой, логически строгой системы терминов и понятий геологии нефти и газа необходимо считать одной из главнейших задач геологов-теоретиков.

Понятийно-терминологическая база — атрибут любой теории. Это значит, что нефтянику-теоретику нужно владеть основами теории понятий и широко использовать принципы и правила формальной логики. Ближайшее будущее должно стать для нас *периодом логизации геологии*. Геологи *должны* научиться широко использовать не только теорию понятий, но и *теории суждений и умозаключений (выводов)*.

Системный анализ позволил не только увидеть единство в многообразии сформировавшихся и формирующихся наук, научных направлений геологии нефти и газа, но и прогнозировать появление новых, а следовательно, и способствовать их развитию и становлению. Этим же методом выявлено несовершенство современных организационных форм исследования проблем геологии нефти, что и определяет необходимость обсуждения путей их совершенствования. Вместе с тем нельзя не отметить, что именно в этой отрасли геологии системные исследования получили наибольшее развитие. Об этом свидетельствуют следующие факты. В рамках Научного совета по проблемам геологии и геохимии нефти и газа в мае 1983 г. была проведена первая Всесоюзная конференция, посвященная системному подходу в геологии (на базе МИНХиГП им. И. М. Губкина). По плану Совета в издательстве «Наука» в 1984 г. вышел сборник «Системные исследования в геологии каустобиолитов», в котором рассмотрен широкий круг вопросов². Все это дает основание для вывода о том, что системная методология стала неотъемлемой частью анализа проблем геологии каустобиолитов вообще и геологии нефти в частности.

Следует также отметить, что в последние годы глобальный и региональный анализы тектонического контроля нефтегазоаккумуляции стали базироваться на принципиально новой основе — концепции тектоники литосферных плит. Это привело к выявлению важных закономерностей в приуроченности скоплений углеводородов древних и современных окраин континентов и созданию новых классификаций нефтегазопосных бассейнов. Эти исследования должны быть углублены и расширены с целью приближения теоретиче-

² См.: Системные исследования в геологии каустобиолитов/Под ред. А. А. Трофимука, Ю. Н. Карогдина.— М., 1984.

ского анализа к решению конкретных практических задач.

В последние два десятилетия перед геологами-нефтяниками очень остро встала также проблема освоения Мирового океана. В его пределах существуют две области, принципиально различные по структуре, особенностям осадконакопления и перспективам нефтегазоносности. Это — подводные окраины континентов (включая континентальные склоны) и глубоководные океанические впадины.

Подходы к оценке перспектив нефтегазоносности этих двух областей в методологическом отношении могут быть весьма различными.

Применительно к континентальным окраинам могут быть использованы принципы и методы поисков нефти и газа, разработанные для континентальных бассейнов. Методологические же основы поиска углеводородных скоплений в глубоководных впадинах находятся еще в начальной стадии разработки. Наибольшие трудности здесь — это познание закономерностей строения глубоководных впадин Мирового океана и физико-химических особенностей углеводородов в условиях больших давлений и низких температур, собственных придонным осадкам и водам.

В изучении геологии Мирового океана и континентов важную роль будут играть дистанционные методы, космическая фотометрия. Космические методы с применением ЭВМ, автоматизированная обработка изображений открывают новую эпоху в геологическом изучении нефтегазоносных областей.

Наступило время реального использования космических снимков для решения различных теоретических и практических задач геологии. Космические изображения становятся неотъемлемой частью комплексных геолого-геофизических исследований при поисковых и разведочных работах на все виды полезных ископаемых, в том числе на нефть и газ. Использование космической информации идет по двум основным направлениям. *Первое направление* — изучение геодинамических процессов, природных объектов и явлений, направленное на поиски полезных ископаемых, в частности на выявление новых площадей, перспективных для постановки поисково-разведочных работ на нефть и газ. *Второе направление* — исследования, нацеленные на рациональное использование природных ресурсов, на уменьшение негативных последствий техногенно-антропогенного воздействия на окружающую среду.

Первое направление исследований — это изучение структуры, режима геодинамических процессов (таких как тепло-

вой поток, циркуляция подземных вод, неравномерное проявление тектонических движений), которые отражают совмещенную динамику земной коры. Все это обуславливает необходимость и правомерность предлагаемого геодинамического подхода к структурно-геологическому дешифрированию снимков из космоса. Выявленные линейные элементы по космическим снимкам могут отражать глубинные разломы, значимые для формирования (и расформирования) месторождений нефти и газа как каналы миграции и циркуляции флюидов. Об их значении свидетельствуют явные признаки гидродинамического режима и увеличения теплового потока в зонах глубинных разломов, активных тектонических структур, что отчетливо видно на космоснимках. Отражение активного влияния теплового поля на космофотонизображения объясняется и тем, что газ обладает весьма активным свойством конвективного переноса тепла в верхние горизонты осадочного чехла и на земную поверхность. Это четко видно на космических снимках Западной Сибири, особенно ее северных районов, характеризующихся интенсивной газопослостью.

Второе направление применения космической фотонформации — изучение природных ландшафтных преобразований в районах интенсивного освоения нефтегазопослных провинций. Развитие этого направления должно способствовать предотвращению нежелательных последствий влияния человека на окружающую природную среду. Космическая фотонформация позволяет прогнозировать ландшафтно-геохимическую ситуацию, которая может возникнуть при техногенном вмешательстве человека в закономерно развивающуюся систему природных явлений.

Охрана окружающей среды должна стать одной из главных задач геологов. Начиная с геофизических работ, бурения поисковых скважин и кончая разработкой, эксплуатацией, транспортировкой и переработкой нефти — все это в той или иной мере наносит урон окружающей среде: загрязнение (и засоление) водоемов и подземных вод, атмосферы (в результате сжигания попутных газов, нефтепродуктов, их испарения), порча (смыв и загрязнение) плодородных почв (черноземов, лёсса в Средней Азии), растительного покрова.

Министерство нефтяной промышленности в шутку называют «Министерством нефти и воды», так как воды добывается вместе с нефтью примерно столько же, сколько и нефти (более 600 млн. м³). Куда идут эти пластовые, как правило, минерализованные воды? Куда угодно. Во многом они

превращаются в «сточные воды», загрязняя все, что встречается на их пути. Значительная часть этих вод снова закачивается в недра с различными целями (для поддержания пластового давления в залежах нефти и газа, для борьбы с поглощениями и т. д.). Отрадно, что усилия министерств направлены на «безотходное производство», на «замкнутый цикл» использования промысловых вод, но темпы прогресса в этом важном деле явно недостаточны, особенно если учесть расширяющиеся объемы нефтегазопромысловых и эксплуатационных работ. Технология очистки промысловых вод также оставляет желать лучшего.

Таким образом, конечной целью геологии нефти и газа является выявление скоплений углеводородов в местах и объемах, обеспечивающих потребности страны в этих важнейших полезных ископаемых. На основе современных достижений геологии, геофизики и геохимии, системных исследований назрела необходимость создания систем автоматизированного прогноза для всей страны, сбора, хранения всех данных, важных для принятия оптимальных решений выбора основных направлений поиска и разведки в целом по стране и в любом из ее районов. Все это необходимо и для планирования на ближнюю и дальнюю перспективы. Еще раз отметим в связи с этим необходимость создания единого, общесоюзного банка данных геологии нефти и газа.

МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ ПЕРСПЕКТИВ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ

В. Д. НАЛИВКИН, чл.-кор. АН СССР

Методология, как известно, рассматривает приемы исследований, применяемые в какой-либо науке. Она включает в себя: а) определение задач и объектов исследования (прогноза); б) принципы классификаций; в) информационную обеспеченность; г) подходы к решению задач; д) требования, предъявляемые к показателям, и е) оценку достоверности получаемых результатов. Все эти исследования на современном этапе развития науки необходимо проводить, опираясь на системный анализ, учитывая иерархические уровни задач, объектов и всех процессов.

Вопросы методологии прогноза нефтегазоносности в той или иной степени разрабатывались почти всеми исследователями, создававшими свои подходы и методы прогноза. Однако системное рассмотрение всей совокупности вопросов

почти не осуществлялось. По-видимому, впервые наиболее полно они были рассмотрены в коллективной монографии «Методы оценки перспектив нефтегазоносности»¹.

Конечной целью прогноза нефтегазоносности является получение данных, необходимых для планирования и выбора направлений работ. Рассмотрим же, какие недоработанные вопросы методологии задерживают развитие прогноза нефтегазоносности. Это удобнее сделать, исходя из системы задач прогноза нефтегазоносности (см. таблицу). В рассматриваемой системе выделяется пять иерархических уровней задач. Уже на III уровне имеется 11 групп задач. Решать их приходится применительно к объектам разной степени изученности (минимум 3 градации), разного масштаба, а также в целях среднесрочного и долгосрочного планирования. Таким образом, на этом уровне решается более 200 задач, а если перейти на следующий, IV иерархический уровень, то число их увеличится примерно до 1000. Эти цифры отражают сложность создания автоматизированной системы прогноза, к которой все же надо стремиться.

Методы решения наиболее часто встречаемой задачи — прогноза количества нефти и газа в средне- и слабоизученных крупномасштабных объектах — разработаны достаточно основательно, поэтому при традиционных подходах вряд ли удастся значительно повысить степень достоверности решения этой задачи. Такая же задача, но для хорошо изученных объектов, например Волго-Уральской провинции, не разработана в нужной степени. Здесь обычный подход вычитания выявленных запасов из потенциальных неправомерен, так как величина оставшихся прогнозных ресурсов соизмерима с ошибкой прогноза. Прогноз, очевидно, следует проводить, исходя из характера уже выявленных запасов. При этом основное значение приобретает прогноз количества нефти и газа, содержащегося в нетрадиционных ловушках и в новых комплексах.

В настоящее время наиболее подходящими методами, видимо, являются те методы, которые основаны на учете тенденций освоения ресурсов, на имитационном подходе, а также на выявлении природных распределений числа залежей в зависимости от их запасов. Однако при этом следует учитывать возможность обнаружения еще неизвестных типов залежей. Хотелось бы также иметь возможность проводить расчет оставшихся ресурсов. Но как это делать, еще

¹ См.: Методы оценки перспектив нефтегазоносности.— Л., 1979.

Иерархический уровень	Система задач										
I	Прогноз										
II	количества		мест концентрации	качества			структуры ресурсов	темпов научно-технического прогресса	объемов	затрат	уровней рентабельности
III	нефти	газа		нефти	газа	попутных полезных ископаемых					
IV	значений параметров		1) вязкости 2) состава масел 3) наличия металлов	1) тяжелых компонентов 2) H ₂ S 3) He 4) вод, содержащих полезные компоненты	1) термальных вод 2) бальнеологич. вод 3) вод, содержащих полезные компоненты	Распределение месторождений: 1) по запасам 2) по типам ловушек 3) по разрезу 4) по чисто нефтяным, газовым и газонефтяным залежам	1) в бурении 2) в геофизических методах 3) в нефтяной геологии 4) в методах ведения работ	1) бурения скважин 2) геофизических работ 3) региональных работ 4) динамики удельных объемов работ	Изменение: 1) удельных затрат на освоение новых районов 2) нормативов 3) удельной стоимости освоения месторождений	Изменение: 1) потребности цен 2) динамики запасов замыкающих месторождений 3) стоимости сопутствующих полезных компонентов	
V	—		—	—	Определение и прогноз значений параметров						

не ясно. Сравнительно-геологический подход в этом случае неприменим, так как эталонные районы с полностью вырабатанными ресурсами отсутствуют. К тому же весьма вероятно, что в будущем придется возвращаться вновь на те месторождения, эксплуатация которых сейчас уже прекращена.

Прогноз нефтегазоносности петрадиционных ловушек — это поиски и прогноз разнообразных типов ловушек, расположенных вне локальных поднятий. Разнообразие их велико, и не все их типы уже выявлены. К ним не следует отнести рифовые массивы, которые обнаруживаются теми же методами, что и структурные ловушки и одновременно с ними. Современная сейсморазведка и другие геофизические методы уже позволяют выявлять крупные и четко выраженные петрадиционные ловушки. Поиски их в будущем станут еще более успешными. Однако вторая сторона дела — прогноз нефтегазоносности подобных ловушек — остается неразработанной. Наиболее неясной, по важной частию прогноза является определение степени проницаемости зоны выклинивания коллектора в самой высокой части ловушки — в ее замке. Разрешающая способность геофизических методов здесь недостаточна. Требуется привлечение геологических данных, а каких, еще не ясно. Кроме того, в число критериев прогноза необходимо вводить критерии, характеризующие наличие и местоположение путей миграции нефти и газа. Очень большую роль при этом будут играть «прямые» геофизические методы. Ясно, что наибольший эффект принесет комплексное применение геологических и геофизических методов.

Геологические методы требуют исходного материала такой же детальности, что и детальность изучаемого объекта. Массовым источником такого материала служат результаты геофизических исследований. Вместе с тем интерпретация, а также выбор геофизических наблюдений требуют знания природы и физических характеристик неоднородностей разреза. В этом отношении геологи пока отстают от геофизиков, так как разрешающая способность современных геофизических методов выше, чем детальность существующих геологических моделей горизонтальных неоднородностей разреза. Важно, чтобы модели включали одновременно как первичные неоднородности, связанные с процессом осадконакопления, так и все вторичные, а также числовые характеристики их физических свойств. Значит, первоочередной задачей является разработка моделей таких неоднородностей. Это не только задача литологов, но также и тектони-

стов и даже палеонтологов. Необходимо изучить зоны развития трещиноватости, зоны сжатия и растяжения, как современные, так существовавшие в прошлом. Палеонтологи, исследовав комплексы микрофауны и флоры, могут помочь при прогнозировании фациальных изменений, в том числе и зон выклинивания песчаных пластов.

Таким образом, пришло, видимо, время несколько менять ориентацию геологических исследований, а также приемы работы.

Содружество геологов и геофизиков необходимо и при «прямых поисках» геофизическими методами. Достигнутый уровень детализации литологических исследований не только существенно влияет на интерпретацию геофизических наблюдений, но и на выбор параметров, необходимых для разбраковки ложных и истинных аномалий типа «залесж» (АТЗ). Ясно, что нужно учитывать также возможность получения ложных АТЗ от неоднородностей разреза, не связанных с нефтегазоносностью.

Наконец, говоря о прогнозе запасов нефти и газа, следует подчеркнуть, почему необходимо совершенствование прогноза местоположения скоплений нефти и газа заданного масштаба по площади и в разрезе. Здесь можно выделить два основных недоработанных вопроса: 1) определение местоположения зон нефтегазоаккумуляции и 2) подходы и методы прогнозирования распределения ресурсов по разрезу в условиях наличия существенного перетока флюидов из одного комплекса в другой. Такой прогноз требуется как при поисках, так особенно при геолого-экономических оценках.

Задачи, связанные с прогнозом качества сырья, менее важны, чем задачи прогноза количества нефти и газа и геолого-экономической оценки ресурсов. Однако в будущем, по мере удорожания поисково-разведочных и эксплуатационных работ, наличие полезных компонентов может стать решающим при определении рентабельности отдельных месторождений и районов. В отношении нефти существенное значение имеет прогноз вязкости. Повышение последней вызывает заметное удорожание добычи.

Существует несколько методов получения геолого-экономических оценок прогнозных ресурсов. Подход, основанный на тенденциях освоения и разрабатываемый главным образом в ИГиРГИ, а также во ВНИГРИ, пока не позволяет давать оценку, дифференцированную по различным группам ресурсов. Если это удастся достичь, то он может стать главным применительно к хорошо изученным регионам. То же самое можно сказать и относительно имитационно-нор-

мативного подхода, совершенствуемого во ВНИГРИ. Подход, базирующийся на количественных аналогиях, разработанный в ЗапСибНИГНИ, также нуждается в совершенствовании по части увеличения степени дифференцированности оценки различных групп ресурсов. Подход, основанный на прямых расчетах по прогнозируемым показателям, предложенный ВНИГРИ, дает возможность проводить дробную оценку, по так же, как и подход, базирующийся на количественных аналогиях, пока не позволяет проводить оценку в динамическом варианте — во времени. Чтобы это осуществить, нужно разработать методы прогноза с учетом научно-технического прогресса, изменения нормативов и цен в будущем. Это почти незатронутые задачи, по чем дальше, тем все больше будет увеличиваться необходимость их решения.

Из числа слабо разработанных частных задач геолого-экономической оценки можно назвать необходимость совершенствования способов перехода от нефтегазоносных комплексов к объектам разведки и объектам разработки, что важно для правильного подсчета и суммирования затрат на подготовку запасов и их извлечение. Неуверенно также производилось распределение ресурсов по тем типам ловушек, которые требуют разных затрат на освоение.

Остановлюсь на трех общих вопросах методологии прогноза нефтегазоносности. *Первый вопрос* — это принципы классификации объектов. Существует два основных принципа. Первый — базирование на естественных свойствах и признаках объектов, примерами которых могут служить ловушки, нефтегазоносные комплексы и т. д.

Второй принцип — выделение условных групп, ограниченных круглыми цифрами значений, например кратными 5, 10, 20, 40 и т. д. К ним относятся классификации объектов прогноза по их масштабу, интервалам глубины залегания нефтегазоносных толщ, запасам месторождений.

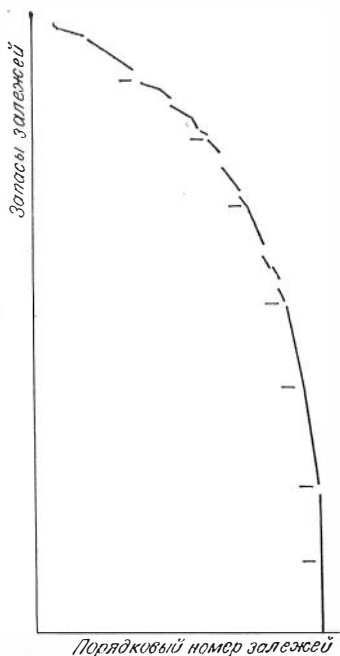
В отношении сложных систем, составные элементы которых тесно взаимосвязаны, следует применять естественные классификации, иначе могут быть получены неточные и случайные результаты. Условные классификации почти всегда можно заменить естественными. Например, распределение числа месторождений и залежей по запасам не представляет собой непрерывного ряда. Если расставить месторождения какого-либо региона в порядке убывания запасов и применить логарифмический масштаб, то линия, соединяющая последовательные точки, будет иметь изломы. Эти изломы и можно принять в качестве границ классов (см. рисунок).

Остаются неразработанными принципы сопоставления классификаций между собой. Ярким примером служит выделение нефтегазопосных объектов в пласте и в разрезе. Для крупных объектов по площади, как, например, нефтегазопосная провинция, аналогом в разрезе естественно будет служить весь перспективный осадочный или осадочно-вулканогенный чехол. Мельчайшим объектам — залежам в разрезе — будут соответствовать пласт или группа сообщающихся пластов. Аналогами нефтегазопосных областей являются в разрезе, скорее всего, нефтегазопосные комплексы. Но чему будут отвечать районы и зоны нефтегазонакопления, еще не ясно.

При таком сопоставлении важно соблюдать правило однородности выделения классифицируемых объектов. Так, залежь выделяется не по размерам, а по признаку непрерывности скопления нефти или газа. Крупные залежи занимают много пластов или значительную часть разреза в карбонатах. Поэтому им по площади должно соответствовать не месторождение, а зона или даже район нефтегазонакопления. Понятия же для мелких объектов в разрезе, выделяемых по размерам, вообще не существует, а оно для соблюдения однородности классификации совершенно необходимо. Подобные недоработки затрудняют научные построения, а иногда и приводят к ошибкам.

Все большие трудности возникают при совместном анализе трех и более классификаций или иерархических рядов объектов.

Второй общий вопрос методологии — это необходимость учета дискретностей в рядах объектов и явлений. Диалектический материализм учит, что бесконечных непрерывных рядов не существует: всегда накопление количества ведет к изменению качества и примером здесь может служить то же распределение месторождений по запасам (см. рисунок).



Изломы кривых соответствуют тем местам, где изменение запасов приводит к скачкообразному изменению соотношения числа месторождений и их запасов. Учет дискретностей в распределениях позволит более точно проводить прогнозирование и строить единую систему прогноза. Однако эта проблема не разработана, и контуры ее лишь намечаются.

Третий общий вопрос методологии — оценка полноты анализируемой системы. Из-за многообразия явлений и их взаимосвязей вряд ли возможно выделить полностью обособленные природные системы. Поэтому приходится анализировать неполные системы. Но возникает вопрос: как велика ошибка, вызываемая неполнотой системы, например ошибка прогноза из-за неполноты комплекса параметров? Пока можно сказать, что чем лучше изучена система, тем меньше будут ошибки. Отсюда вытекает необходимость знания степени изученности системы и характера и степени взаимодействия ее с окружающими системами.

Наконец, одно из самых существенных (правда, организационных) препятствий на пути совершенствования прогнозирования составляет отсутствие централизованной системы сбора и хранения первичного фактического материала для всей страны в целом. Без нее автоматизированную систему прогноза вряд ли удастся создать. Об этом много говорили, но дело не движется.

Итак, к числу наиболее важных, но недоработанных вопросов прогноза нефтегазопосности можно отнести следующие:

- 1) подходы к оценке прогнозных ресурсов для крупных и средних нефтегазопосных объектов в хорошо освоенных провинциях;
- 2) подходы к прогнозу нефтегазопосности нетрадиционных ловушек;
- 3) приведение в соответствие с разрешающей способностью геофизических методов существующих геологических моделей неоднородностей разреза;
- 4) прогноз местоположения скоплений нефти и газа с заданными параметрами на площади и в разрезе, в частности при наличии вертикальных перетоков;
- 5) методы прогноза динамики научно-технического прогресса, изменения нормативов, цен на нефть и газ и других исходных данных, необходимых для динамического варианта расчета экономической ценности ресурсов;
- 6) принципы перехода от объектов (этажей) разведки к объектам разработки;
- 7) подходы к прогнозу распределения ресурсов по типам ловушек;

8) принципы сопоставления иерархических уровней и классификаций при построении единой системы прогноза нефтегазонаосности;

9) определение степени полноты анализируемой системы и размеров влияния ее неполноты на достоверность прогноза;

10) создание общесоюзной централизованной системы сбора (фонда), хранения и поиска фактических данных.

ТЕКТОНИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ НЕФТЕГАЗОАКОПЛЕНИЯ (методические основы анализа)

В. Е. ХАИШ, чл.-кор. АН СССР

Со времени работ И. М. Губкина стало ясным, что среди факторов, определяющих промышленную нефтегазопосность территорий и акваторий, особая (а по мнению многих, определяющая) роль принадлежит тектоническому фактору. С тех пор увидело свет немало публикаций, посвященных тектоническому контролю нефтегазонаосности. В последние 10—15 лет в геологии возникло новое направление исследований, основанное, с одной стороны, на неомобилистской теории тектоники литосферных плит и, с другой — на теории осадочно-миграционного происхождения нефти. В итоге представления о тектоническом контроле нефтегазонаосности оказались поднятыми на качественно новую ступень, чему дополнительно способствовало внедрение в науки о Земле системного анализа.

Проблема тектонического контроля нефтегазонаосности имеет два главных аспекта — пространственный и временной. Первый аспект — исследование влияния тектонической структуры на размещение нефтегазовых скоплений в пространстве, на площади. Второй аспект — рассмотрение распределения ресурсов нефти и газа и их скоплений во времени (по геохронологической шкале) и по стратиграфическому разрезу в глобальном, региональном и локальном масштабах.

1. Тектонический контроль размещения скопления нефти и газа на площади

В согласии с требованиями системного анализа исследование этого вопроса следует проводить на разных иерархических уровнях. Высший уровень — глобальный; на этом уровне должны выделяться глобальные пояса и ареалы неф-

нефтегазоносности, или нефтегазоносные системы (по М. К. Калинин). Следующий уровень — региональный: выделение нефтегазоносных бассейнов (мегабассейнов, суббассейнов); третий уровень — зональный: выделение зон нефтегазоаккумуляции; четвертый — локальный: выделение месторождений, и пятый — сублокальный: выделение залежей. Как и положено в системном анализе, единицы каждого уровня, кроме низшего (залежи), могут рассматриваться одновременно и как самостоятельные системы, и как элементы системы более высокого уровня. Вертикальное сочетание залежей образует месторождения; латеральное сочетание месторождений — зоны нефтегазоаккумуляции; сочетание зон нефтегазоаккумуляции составляет нефтегазоносный бассейн, а нефтегазоносные бассейны группируются в пояса и ареалы нефтегазоаккумуляции. При этом каждой более высокой иерархической ступени соответствует, как мы увидим дальше, свой уровень структурных элементов земной коры, что, собственно, и есть, на наш взгляд, эмерджентное свойство данной системы.

Глобальный контроль нефтегазоносности. Выявление глобальных закономерностей нефтегазоносности впервые стало возможным с началом массовых поисков и разведки, а затем и разработки залежей нефти и газа на акватории не только внутренних и окраинных морей, но и океанов, вернее, подводных окраин континентов. Этому способствовало и изучение режимов и условий осадконакопления и особенно накопления и преобразования органического вещества в осадках в данных бассейнах. При этом выяснилось, что главными поясами нефтегазоаккумуляции Земли являются современные, т. е. формирующиеся с юры или с более позднего времени, и ископаемые позднемелового-палеозойские или палеозойско-мезозойские подводные окраины континентов. Эти пояса характеризуются лавинной, по выражению А. П. Лисицына, седиментацией, максимальной интенсивностью накопления органического вещества, как спелеопного с суши, так и порожденного морскими организмами, кульминация развития которых во многом вызвана явлением апвеллинга¹.

Если современные континентальные окраины ограничиваются с одной стороны ложем океана, то древние занимают края континентальных платформ и граничат, как правило, с подвинутыми на них складчатыми горными сооруже-

¹ См.: Ханн В. Е., Соколов Б. А. Окраины континентов — главные нефтегазоносные зоны Земли. — Сов. геология, 1984, № 7, с. 49—60.

ниями через передовые прогибы или непосредственно. Таковы Волго-Уральская, Тимано-Печорская области, Аравийская и Сахарская плиты, Западно-Канадская область, восточная часть Мидконтинента США и др. В некоторых случаях зона перехода скрыта под молодым осадочным чехлом, как, например, западная окраина Сибирской платформы к северу от Енисейского кряжа.

Зоны континентальных окраин можно понимать более узко, включая в них лишь нефтегазопосные бассейны, вытянутые вдоль края континента, или более широко, включая и те бассейны, которые сочленяются с океанской впадиной под углом, образуя тройные сочленения, или следуют параллельно периферическим зонам опусканий, принадлежа первоначально к той же континентальной рифтовой системе, которая породила данный океан. Так, Североморский, Баренцевоморский и Западно-Сибирский бассейны являются порождением той же Атлантическо-Арктической позднелавозойской-раннемезозойской рифтовой системы, как и Атлантический океан и Евразийский бассейн Северного Ледовитого океана (эти идеи развивают В. С. Сурков и П. А. Зиглер). Их следует относить к подводной окраине Евразийского континента. С тех же позиций частью южной окраины этого континента считается Днепровско-Донецкий авлакоген, а восточной окраины — Восточно-Китайская рифтовая система, включающая бассейны Суньяля, Ляохэ, Бохайвей.

В таком случае вне континентальных окраин окажутся лишь бассейны, лежащие в глубине континента (подобно Московской, Гудзонской, Западной внутренней и Уиллингтонской (?) в США, Чадской синеклизам) и отличающиеся низкой или относительно низкой продуктивностью. Сюда же относятся системы внутриконтинентальных рифтов.

Особую группу образуют межгорные бассейны областей эпигеосинклинального или эпиплатформенного орогенеза; наиболее крупный их ареал охватывает Южную Европу и Центральную Азию, от Палеогенового бассейна до Ордока и Сычуани, включая наши Южнокаспийский, Таджикский и Ферганский бассейны.

Пояса нефтегазонакопления либо оказываются простирающимися параллельно дивергентным границам литосферных плит — бассейны континентальных окраин, либо накладываются на конвергентные границы плит, как например, перечисленные эпигорогенные бассейны Евразии.

Пояса нефтегазонакопления, представляя собой крупнейшие зоны концентрации промышленных залежей нефти и

газа, образуют вместе с тем лишь элементы более крупной системы планглобального уровня — углеводородной сферы Земли (увосферы), выделенной Б. А. Соколовым и Ф. П. Мельниковым². Последняя охватывает, по существу, не только осадочную оболочку Земли, но и значительную часть консолидированной коры (залёжки в верхах фундамента платформ, газопроявления в Кольской сверхглубокой скважине), а если отнести к ней и абигенный метан, то и часть верхней мантии. К ней относятся не только скопления нефти и газа, но и залежки твердых битумов, скопления газгидратов, растворенный газ подземных вод. Увосфера составляет высший раунг в иерархической последовательности единиц нефтегазогеологического районирования.

Региональный контроль нефтегазоносности. В региональном плане нефтегазоносность контролируется осадочно-породными бассейнами, каждый из которых представляет собой самостоятельную систему со своей историей формирования, со своим литоформационным наполнением, своими нефтематеринскими толщами, коллекторами и флюидоносными, термобарическими условиями и флюидодинамикой. Таким образом, понятие бассейна, по существу, многозначно и включает бассейны, которые можно выделить по разным критериям. Во-первых, это бассейн как тектоническая впадина в современном структурном плане, который отнюдь не обязательно совпадает с древним (вернее, древними) планом. Соответственно, во-вторых, выделяются палеобассейны, которые могут не только отличаться от современного конфигурацией, объемом, но и принадлежать к другому структурно-динамическому типу. В-третьих, бассейн — это определенная совокупность литологических формаций, резервуаров и флюидопоров. В-четвертых, это определенная флюидодинамическая система, в которой во взаимосвязанном состоянии находятся вода, газы, конденсат, нефть. В-пятых, это геоморфологическая впадина, которая может не включать часть тектонической и седиментационной впадины, втянутой в поднятие горных сооружений (Карпаты, Скалистые горы, Загрос и т. д.). Наиболее общим из всех этих понятий, которые при строгом анализе необходимо различать, является все же понятие тектонической впадины.

В мире насчитывается более 600 осадочно-породных бассейнов. Довольно давно предпринимаются попытки их типизации — сначала на традиционной, геосинклинально-

² См.: Соколов Б. А., Мельников Ф. П. Углеводородная сфера Земли. — Докл. АН СССР, 1980, т. 261, № 2, с. 471—474.

платформенно-орогенной, а в последнее десятилетие — на плитно-тектонической основе. Преимущество последней заключается не только в том, что она вовлекла в свою орбиту морские бассейны, но и заменила чисто структурный, морфологический, статический принцип классификации структурно-динамическим, т. е. по существу генетическим, что позволило более глубоко понять природу отдельных типов бассейнов, а значит, особенности и потенциал их нефтегазоспособности.

В связи с тем, что Е. В. Кучерук и Е. Р. Алиевой недавно опубликован очень полезный, весьма полный и достаточно глубокий по содержанию обзор классификаций нефтегазоспособных бассейнов³, нет необходимости подробно останавливаться на этих классификациях. Отметим лишь, что после работы Кучерука и Алиевой за рубежом появилась еще одна новая классификация — Д. Р. Кингстопа, К. П. Дишрупа и П. А. Вильямса⁴. Она во многом повторяет предшествующие плитно-тектонические классификации, но отличается от них попыткой формализовать понятия, используя следующие критерии: тип бассейна, изменение в течение его эволюции, строение и полнота его разреза в каждом цикле развития (выделяется три стадии) и последующие, после завершения осадконакопления, структурные преобразования. Все это кодируется в виде формулы бассейна. Такой подход заслуживает внимания; элементы его содержались уже в предыдущих работах многих, в том числе советских (Б. А. Соколов⁵ и др.), авторов, но преимущество его составляет более строгая формализация.

Как правильно отметили Е. В. Кучерук и Е. Р. Алиева, предложенные плитно-тектонические классификации имеют много общего (что и понятно, если в них единая методологическая основа). Практически во всех них принимаются во внимание внутриплитное, окраинно-плитное и погранично-плитное положение бассейна, его приуроченность к зоне дивергенции или конвергенции плит, т. е. в конечном счете образование в условиях растяжения или сжатия, эволюция

³ См.: Кучерук Е. В., Алиева Е. Р. Современное состояние классификации осадочных нефтегазоспособных бассейнов. — Обзорная информация ВНИИОЭНГ. Сер. Нефтегазовая геология и геофизика, М., 1983, вып. 12 (53).

⁴ См.: Kingston D. R., Dishroon C. P., Williams P. A. Global basin classification system. — Am. Ass. Geol. Bull., 1983, v. 67, N 12, p. 2475—2493.

⁵ См.: Соколов Б. А. Эволюция и нефтегазоспособность осадочных бассейнов. — М., 1980.

бассейна и его преобразования в ходе этой эволюции. Следует особо подчеркнуть, что огромное большинство бассейнов зарождается в обстановке рифтонга и мантийного диапризма, обеспечивающих поступление из глубоких недр тепла и флюидов, стимулирующих преобразование исходного органического вещества в нефть и газ. Остальные бассейны, приуроченные к зонам субдукции океанской или континентальной литосферы (типа В и А, по А. В. Балли), развиваются не только в условиях высокого теплового потока, но и латерального стресса, проявляющегося, в частности, в высокой сейсмичности, что способствует длительной нефтегазогенерации.

В поясах активных континентальных окраин и орогенов намечается существование особого типа бассейнов — сдвиго-раздвигового (англ. pull-apart basins). Возможно, что у нас к этому типу относятся Ферганский и Таджикский бассейны, учитывая соображения Б. Б. Ситдикова⁶ о присдвиговом генезисе их складчатости.

Совершенно обязательным с методологической точки зрения является учет при построении классификационных схем бассейнов общей направленности эволюции структуры земной коры в течение тектонических циклов. В частности, вполне очевиден и широко распространен в природе эволюционный ряд: континентальный рифт (например, Верхнерейнский грабен) → межконтинентальный рифт (например, Суэцкий грабен) → рифтогенная, пассивная континентальная окраина (например, Ангола, Габон) → область столкновения пассивной окраины с островной дугой, микроконтинентом или континентом (Персидский залив). Наиболее последовательно эволюционный принцип соблюден в классификации, предложенной недавно Е. Р. Алиевой и С. А. Ушаковым⁷ и помещенной также в конце обзора Кучерука и Алиевой.

Очень важным параметром бассейнов — наряду с размерами, объемом, мощностью осадков — является четвертое измерение — длительность развития и соответственно скорость осадкоаккумуляции. Об этом писали многие, начиная с И. О. Брода; в последние годы вопрос специально исследовался И. Н. Нестеровым и Л. А. Назаркиным. Какой показатель здесь должен быть выбран — объемная скорость осад-

⁶ См.: Ситдиков Б. Б. Динамическая связь тектонических структур Ферганской впадины с Таласо-Ферганским сдвигом. — Ташкент, 1977.

⁷ См.: Алиева Е. Р., Ушаков С. А. Эволюционный ряд осадочных нефтегазоносных бассейнов (с позиции тектоники плит). — В кн.: Жизнь Земли. М., 1984, с. 22—31.

конакопления или какой-либо другой — остается дискуссионным, но очевидно одно: темп седиментации существенно влияет на ход преобразования органического вещества, т. е. на процесс нефтегазообразования. Поэтому исходить при оценке бассейна только из суммарного объема его осадочного выполнения совершенно недостаточно.

Не менее важным в настоящее время представляется и параметр, характеризующий флюидодинамический режим бассейна. Учет этого параметра, наряду с традиционными показателями — тип коллектора, покрышки, ловушки, объем осадков, содержание ОВ, становится все более необходимым. По существу, если прогресс нефтегазовой геологии в последние два десятилетия стимулировался в основном привлечением данных органической геохимии и на этой основе родился историко-генетический, геолого-геохимический метод прогноза нефтегазоносности, то теперь очередь за флюидодинамикой, как показывают некоторые работы последнего времени (К. Н. Кравченко, С. М. Сапрыкин по Сахалину и др.). Совершенно предварительно с точки зрения флюидодинамического режима бассейны можно разделить на три категории: 1) с весьма активной флюидодинамикой (это в основном зоны субдукции, с АВПД, проявлениями глиняного диапиризма и грязевого вулканизма; они же активны и в сейсмическом отношении); 2) с латектно-активной флюидодинамикой (АВПД свойственны нижней части разреза, запечатанной соленосной толщей; активность проявляется при вскрытии этой толщи разрывами или бурением); 3) флюидодинамически пассивные (флюидодинамика «оживает» лишь с началом разработки залежей).

Зональный контроль нефтегазоаккумуляции. Каждый тип бассейна характеризуется своим набором зон нефтегазоаккумуляции, что во многом определяет практическую типизацию бассейнов. Так, рифтовым бассейнам свойственны клавишное строение поверхности фундамента и приуроченность зон нефтегазоаккумуляции к его горстовым, нередко односторонним поднятиям, а нефтематеринских свит — к промежуточным прогибам. На пассивных окраинах континентов, в районах развития крупных дельт (Миссисипи, Нигер) залежки часто контролируются конседиментационными литрическими сбросами (growth faults). Для рифтовых и эпирифтовых бассейнов характерно окаймление барьерными рифами. Последние образуют важные зоны нефтегазоаккумуляции во внешнем обрамлении передовых прогибов (Приуралье) и на пассивных окраинах континентов, на перегибе от шельфа к глубоководной части бассейна (Мексика). Валы, ха-

рактерные для внутриплитных, платформенных бассейнов развиваются, как было показано О. М. Мкртчяном⁸, над бортами погребенных рифтов-авлакогенов. Бортовые части внутриплитных или окраинно-плитных бассейнов сопровождаются зонами выклинивания коллекторов или их запечатывания твердыми битумами.

В качестве изометричных зон (арсалов) нефтегазоаккумуляции выступают остаточные поднятия-своды внутри или по бортам (бывшие краевые плато) областей внутриплитного или окраинно-плитного опускания. Эти поднятия могут представлять собой так называемые карбонатные платформы или служить местами накопления песчаных коллекторов. Нередко они бывают целиком заняты теми или иными месторождениями нефти или газа; тогда понятия «зона (арсал) нефтегазоаккумуляции» и «месторождение» практически совпадают (Ромашкино, Самотлор, Оренбург и т. п.). Вдоль внутренних (т. е. обращенных к складчатым горным сооружениям) бортов коллизионных бассейнов протягиваются зоны нефтегазоаккумуляции чешуйчато-надвигового или покровного строения, состоящие из серии надвинутых друг на друга пластин отложений внешнего шельфа бывшей континентальной окраины (Карпаты, Скалистые горы и др.). Еще один характерный тип зон нефтегазоаккумуляции — присдвиговые кулисные системы брахиантиклиналей — свойствен сдвиго-раздвиговым бассейнам (Лос-Анджелес и др.).

Здесь перечислены лишь некоторые из наиболее распространенных типов зон нефтегазоаккумуляции с целью показать их связь с определенными типами бассейнов. В действительности число типов зон нефтегазоаккумуляции гораздо больше, и создание полной их классификации и ее привязка к классификации бассейнов остается задачей будущего.

Локальный контроль нефтегазоносности. Речь идет о контроле на уровне месторождений и залежей. В советской литературе имеются в общем достаточно полные классификации месторождений (А. А. Бакиров⁹, В. Б. Оленин¹⁰) и залежей (ловушек) (В. Б. Оленин), частично, правда, перекрывающих друг друга. Совершенно очевидно, что, как это уже отмечалось в отношении зон нефтегазоаккумуляции и

⁸ См.: Мкртчян О. М. Закономерности размещения структурных форм на востоке Русской плиты.— М., 1980.

⁹ См.: Бакиров А. А. Геологические принципы районирования нефтегазоносных территорий.— В кн.: Принципы нефтегеологического районирования в связи с прогнозированием нефтегазопосности недр. М., 1976, с. 16—52.

¹⁰ См.: Оленин В. Б. Нефтегеологическое районирование по генетическому принципу.— М., 1977.

типов бассейнов, определенным типом зон нефтегазонакопления должны соответствовать определенные виды месторождений, а последним — определенные виды ловушек, что и отражено в классификации В. Б. Оленина (1977). Эти классификации следовало бы расширить, добавив немногие виды ловушек — в присдвиговых складках, в песчаных накоплениях, образованных контурными течениями, а также гидродинамического типа (гидравлически экранированных).

Далее надо подчеркнуть следующее. Чем ниже мы спускаемся по иерархическим ступеням классификации объектов нефтегазogeологического районирования, тем большим становится удельный вес «атектонических» объектов. Самые крупные из них — дельты больших рек, подобных Миссисипи, Нигеру и др., — некоторые авторы включают уже в классификацию бассейнов. На уровне зон нефтегазонакопления число таких объектов заметно возрастает — барьерные рифы, зоны выклинивания и литологического замещения бортов бассейнов и пр. Еще больше мы находим их на уровне месторождений и залежей (ловушек) — стратиграфические, литологические, палеосоморфологические, гидродинамические объекты. Заметим, что практически все эти так называемые нетектонические месторождения в залежи в действительности имеют определенную связь — одни более тесную, другие менее тесную — с тектоникой, фактически являясь опосредованно-тектоническими. Это совершенно очевидно для дельт крупных рек, приуроченных к рифтам, находящимся в тройном сочленении с родоначальными рифтами океанов, для барьерных рифов и зон регионального выклинивания, как о том говорилось выше, для ловушек, связанных с несогласиями. Но в песчаные линзы — бары, осадки течений вытянуты параллельно контурам седиментационных бассейнов, которые, в свою очередь, определяются тектоникой.

Итак, тектонический контроль нефтегазонакопления осуществляется на всех уровнях — от глобального до локального. Поэтому необходимо дальнейшее углубленное изучение зависимости распределения скоплений нефти и газа всех масштабов от структурных условий, тектонических режимов и т. п.

2. Тектонический контроль нефтегазонакопления: временной аспект

Этот аспект исследований означает изучение распределения ресурсов нефти и газа в разрезе осадочной оболочки Земли в целом, по стратиграфическим системам — глобальный уровень, а также распределения главных нефтематериалов

терпнских толщ, пород — коллекторов и флюидопоров, влияния на размещение залежей нефти и газа перерывов и несогласий в разрезе нефтегазоносных бассейнов и связи этих особенностей с тектоникой — региональный и локальный уровень.

Стратиграфическое распределение ресурсов нефти и газа. Последние обобщения исследований по этому вопросу принадлежат К. Буа, П. Бушу и Р. Пеле¹¹, а также М. К. Калинин¹². М. К. Калинин удалось выявить определенную цикличность в таком распределении (им учитывались и природные битумы). Относительно нефти и битумов выделено четыре цикла: 1) кембрий — силур; 2) девон — триас; 3) юра — мел и 4) кайнозой; в трех из них, кроме юрско-мелового, ресурсы уменьшаются от подошвы к кровле цикла, а в четвертом — в обратном направлении. Однако если начало первого цикла полагать не в кембрии, а в венде или даже позднем рифее, а третий и четвертый циклы объединить, картина получится более однообразной: максимумы ресурсов окажутся приуроченными к середине циклов, с закономерным возрастанием снизу вверх; они придутся на кембрий, девон (15,3% от ресурсов всего палеозоя) и мел (48,9%). Несколько менее четкая картина, по понятным причинам, получилась у М. К. Калинин относительно газов. Он выделяет те же четыре цикла, но с преобладанием возрастания ресурсов вверх по разрезу, кроме нижнего цикла. Связано это, очевидно, с большей миграционной способностью газов, а также с газогенерирующей ролью угленосных формаций.

Стратиграфическое распределение нефтидогенерирующих формаций. В настоящее время общепринято, что наиболее типичными и продуктивными — при прочих равных условиях — нефтидогенерирующими формациями являются «черносланцевые» формации «доманикоидного» типа. Из этих формаций наиболее широко распространена, как показало глубоководное бурение, верхнемеловая формация. Помимо современных подводных окраин (и не только окраин) Атлантического и Индийского океанов, она развита и в Средиземноморском поясе, Тетисе, и именно такое развитие данной формации в значительной степени определило главенствующую роль меловых отложений в стратиграфиче-

¹¹ См.: Bois C., Bouche P., Pelet R. Global geologic history and distribution of hydrocarbon reserves.— Am. Ass. Petr. Geol. Bull., 1982, v. 66, N 9, p. 1248—1270.

¹² См.: Калинин М. К. Некоторые глобальные закономерности распространения нефтидов.— Изв. АН СССР. Сер. геол., 1985, № 6.

ской локализации ресурсов нефтидов. Снизу к насыщению меловых отложений нефтидами «подключается» другая сходная формация — позднеюрская, представленная, в частности, баженовской свитой Западной Сибири и кимериджскими глинами Североморского региона. В среднем — позднем палеозое эта роль принадлежит формациям верхнего девона — нижнего карбона (доманик Европейской России, аналогичные толщи Мидконтинента США), а в раннем палеозое — формациям кембрийского «сибирского доманика» и его аналогам.

Еще один уровень, самый высокий в стратиграфическом разрезе, — олигоцен-миоценовый. К отложениям данного уровня относятся не только майконско-менилитовые толщи Кавказско-Карпатского региона, но и кремнистые толщи Тихоокеанского кольца.

Время накопления главных нефтидогенерирующих формаций отвечает середине тектоно-седиментационных циклов, времени максимальных трансгрессий и господства теплого климата, роль которого особенно подчеркнута Л. А. Назаркиным¹³.

То обстоятельство, что накопление основных угленосных формаций либо предшествует (юра), либо, чаще, следует за накоплением нефтегазоматеринских толщ отчасти, как говорилось выше, объясняет некоторое смещение максимумов газонакопления вверх по разрезу по сравнению с нефтью и битумами.

Стратиграфическое распределение коллекторов и флюидоупоров. Такое распределение достаточно специфично для бассейнов различного типа, но в самом общем плане можно констатировать, что гранулярные коллекторы более характерны для начальных, трансгрессивных, и заключительных, регрессивных, частей циклов, а карбонатные — для средних, отвечающих максимальным трансгрессиям. При этом очень благоприятное влияние на формирование скоплений углеводородов оказывает замещение по латерали нефтематеринских отложений биогермами или биостромами (карбонатные «платформы»), как то наблюдается во многих районах развития меловых отложений, или перекрытие нефтематеринских отложений проградирующими дельтами — например, баженовской свиты Западной Сибири осадками неокма. Большое влияние на образование ловушек литологи-

¹³ См.: Назаркин Л. А. Влияние темпа седиментации и эрозионных срезов на нефтегазоносность осадочных бассейнов. — Саратов, 1979.

ческого типа оказывает конседиментационный рост локальных поднятий.

Отметим также влияние на минералогический состав глин нефтематеринских отложений (некоторые типы глин играют, как известно, роль катализаторов нефтеобразования) и песчаных коллекторов (существенное значение имеет содержание кварца) тектонического режима областей сноса, зависящего, в свою очередь, от их тектонической природы и ситуации.

Для образования трещинных коллекторов наиболее благоприятны, естественно, внутренние борты коллизииных бассейнов, а во времени — фазы тектогенеза смежных складчатых сооружений.

Что касается флюидоупоров, то, как известно, наилучшими из них являются мощные, регионально развитые соленосные толщи. Накопление таких толщ происходило в венде — кембрии, девоне, перми, юре и миоцене, т. е. в начале и конце крупных тектоно-седиментационных циклов в частично изолированных от океана бассейнах, способствуя консервации залежей в подстилающих образованиях и образованию соляных дидапиров в перекрывающих отложениях.

В общем цикличность в распределении ресурсов нефтяных, в стратиграфической приуроченности нефтегазоматеринских формаций, коллекторских толщ и флюидоупоров согласуется с глобальной тектоно-седиментационной цикличностью. Выделяются три основных цикла: ранненалеозойский, позднеалеозойский и мезозойско-кайнозойский. На этом фоне проявляется цикличность более высокого порядка. Значение глобальной цикличности в распределении нефтегазонасыщенности в разрезе отмечали С. П. Максимов и его соавторы¹⁴. Но возникает очень важный вопрос: успеет ли реализоваться нефтидогенерирующий потенциал в течение времени накопления осадков одного цикла? От ответа на этот вопрос зависит оценка данного цикла с точки зрения не только накопления органического вещества, но и собственно нефтегазообразования.

Ответ на заданный вопрос и не может быть однозначным: все зависит от темпов погружения и осадконакопления. Приходится различать по крайней мере три группы бассейнов — на одном полюсе интракратонные синеклиз-

¹⁴ См.: Максимов С. П., Еременко Н. А., Ботнева Т. А., Панкин Р. Г. Цикличность процессов нефтегазообразования, нефтегазонасыщенные провинции, бассейны и области. — Геол. нефти и газа, 1976, № 2, с. 30—43.

ные, с очень низкой скоростью осадконакопления и медленным и запоздалым, как правило в следующем цикле, созревaniem нефтегазоматеринских отложений (пример — Балтийская синеклиза), а на другом полюсе — рифтовые и сдвиго-раздвиговые грабены, а также орогенные прогибы с максимально высоким темпом седиментации в течение относительно коротких отрезков времени и с созреванием нефтегазоматеринских отложений в пределах части цикла продолжительностью в первые десятки миллионов лет (пример — Суэцкий грабен). Промежуточное положение в этом отношении занимают остальные типы бассейнов. Понятия циклов накопления органического вещества и циклов нефтегазообразования более или менее совпадают лишь для этой последней группы бассейнов.

Кроме рассмотренной цикличности высшего ранга (низшего порядка) на конкретное размещение залежей углеводородов влияет и более мелкая цикличность, весьма отчетливо выступающая на современных профилях МОВ — ОГТ. Этой цикличности и ее влиянию на нефтегазоносность посвящены многочисленные работы А. А. Трофимука, Ю. Н. Карогодина и др. На примере Западной Сибири видно, что эта цикличность обуславливает, в частности, смену типов литологических залежей в разрезе — от русловых в подошве циклов, через дельтовые к баровым и течением вверх по разрезу.

Роль несогласий. Региональные несогласия играют двоякую роль в нефтегазопосности отложений. Вызывая перерывы в накоплении осадков и органического вещества и способствуя окислению последнего, они негативно сказываются на нефтегазогенерации, что уже отмечалось И. И. Нестеровым и Л. А. Назаркиным¹⁵. Совершенно очевидна роль поздних перерывов и несогласий в отношении консервации залежей нефти и газа. Однако несогласия, особенно ранние, способствуют образованию ловушек и целых зон нефтегазонакопления. В отношении ловушек подобную же роль играют локальные перерывы и несогласия, характерные для конседиментационных поднятий и рифтов.

В общей форме можно констатировать, что погружения способствуют нефтегазообразованию и консервации залежей, а поднятия, вызывающие перерывы, — нефтегазонакоплению или разрушению залежей.

¹⁵ См.: Нестеров И. И. Критерии прогнозов нефтегазопосности. — Тр. ЗапСибНИГНИ, 1969, вып. 15; Назаркин Л. А. Влияние темпа седиментации...

Итак, между нефтегазопоспостью — размещением залежей нефти и газа и тектоникой — тектоническим режимом, тектонической историей, структурой существуют многообразные связи и тектонический контроль нефтегазопоспости осуществляется в многообразной форме, причем развитие исследований вскрывает все новые стороны влияния тектоники на нефтегазопоспость.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РИФОГЕНЕЗА И ИХ СВЯЗЬ С ПРАКТИКОЙ НЕФТЕГАЗОПОИСКОВЫХ РАБОТ В СИБИРИ

В. С. СУРКОВ, чл.-кор. АН СССР

В свое время В. Е. Хаиным и Б. А. Соколовым было отмечено, «что нефтегазообразование представляет собой историческое явление, зависящее не только от количества и качества органического вещества в нефтематеринских породах, но и динамики их погружения и интенсивного прогрева»¹.

Высказанное положение, отражающее главную особенность современной теории нефтегазообразования, находит полное подтверждение при рассмотрении нефтегазопоспости осадочных бассейнов, образованных на деструктивной стадии развития земной коры, в частности рифтогенной.

Анализ геологических и геофизических материалов по Северному сегменту Земли приводит нас к вполне определенному выводу, что главнейшие черты современной структуры земной коры, в частности этого региона, сформированы глубинными циклическими процессами, которые рождаются в нижней мантии и ядре Земли.

Процессы воздействия глубинных мантийных тепломассовых потоков на верхнюю оболочку Земли (литосферу) носят стадийный характер. Они, как правило, охватывают крупные сегменты Земли, а продолжительность развития каждой стадии — от нескольких периодов до геологических эр. При этом можно выделить две стадии: стадию активного функционирования очагов мантии, на которой происходит деструкция континентальной коры, т. е. главным образом растяжение и разрушение ее, и стадию угасания функционирования очагов мантии (конструктивная), которая обуславливает преобладающее сжатие земной коры и формиро-

¹ Хаин В. Е., Соколов Б. А. Окраины континентов — главные нефтегазоносные зоны Земли. — Сов. геология, 1984, № 7, с. 49—60.

вание новой континентальной коры. Обе стадии в совокупности составляют тектономагматический мегацикл².

Формы проявления деструкции в земной коре различны, но в принципе их можно свести к двум структурным типам — *линейному* и *изометрическому*. Деструкция линейного типа приводит к формированию рифтовых систем и зон, деструкция изометрического типа — к формированию крупных изометрических внутренних впадин и окраинных морей Западнотихоокеанского типа.

Процессы деструкции всегда вызваны активностью нижнемантийного диапиризма и повышенным динамизмом мантийных магм.

Генерация глубинной тепловой энергии, передача ее в верхние слои Земли и последующая магматогенная активность приводят к возникновению в пределах крупных сегментов Земли очагов с возбужденным состоянием подкорового вещества. Термомеханические напряжения, создающиеся при этом, передаются в литосферу и ее верхнюю часть — земную кору. Расчеты показывают, что суммарный энергетический потенциал крупных очагов, возбужденных нижней мантией, достаточен, чтобы не только расколоть литосферу по некоторым линейным зонам на плиты, но и раздвинуть их на значительные расстояния³.

Обычно на деструктивной стадии под воздействием мантийных очагов в литосфере образуются системы линейных зон растяжения и разрывов. Заполнение зон разрывов основными и ультраосновными породами (мантийными и базальтовыми магмами) на начальной стадии рифтогенеза ведет к формированию рифтовых систем, а на конечной стадии в некоторых рифтовых зонах, характеризующихся максимальным высвобождением энергии очагов мантии, может произойти спрединг литосферных плит и образование на месте раздвиги срединно-океанических хребтов с корой океанического типа (как это имеет место в пределах Северной Атлантики, Арктики и др.).

Таким образом, деструктивная стадия — это длительный, направленный процесс, когда под воздействием ман-

² См.: Сурков В. С., Коробейников В. П., Жеро О. Г. и др. Эволюция и глубинная структура земной коры Сибири. — Сов. геология, 1984, № 7, с. 41—47.

³ См.: Механизм интрузии магмы/Под ред. Дж. Ньюолла и Н. Рас-та. — М., 1972; Рамберг Х. Моделирование тектонических движений, вызываемых силой тяжести, при помощи центрифуги. — В кн.: Сила тяжести и тектоника/Под ред. К. А. Де Жонга и Р. Шолтена. М., 1976, с. 70—87; Туркот Д. Л., Эмерман С. Г. Механизм активного и пассивного рифтообразования. — Tectonophysics, 1983, v. 94, № 1-4, p. 39—50.

тийных очагов происходит магматогенно-метаморфогенная переработка литосферы и континентальной коры в пределах крупных сегментов Земли. Это приводит к уменьшению общей мощности коры, а внедрение по рифтовым и спрединговым зонам мантийной и базальтовой магмы ведет к расширению общей площади земной поверхности. Нарушение изостатического равновесия в зонах деструкции обуславливает погружение крупных блоков и, как следствие, образование морских и океанических бассейнов.

Осадочные бассейны, образованные в этот период, характеризуются большими размерами, их устойчивое погружение в течение ряда геологических периодов приводит к накоплению мощных осадочных образований. Близость очагов мантии и их связь через рифтогенные зоны разломов с осадочными толщами обеспечивают интенсивный прогрев осадочных пород.

Нужно подчеркнуть, что с процессом рифтогенеза, особенно с его спрединговой фазой, связаны и значительные горизонтальные перемещения литосферных плит, что приводит к крупным структурным деформациям земной коры как внутри рифтогенной области, так и за ее пределами. В частности, тангенциальные напряжения, создающиеся в результате спрединга литосферных плит, являются причиной формирования дейтероорогенных складчато-глыбовых сооружений.

Противоположной деструктивной является конструктивная стадия. На этой стадии происходит формирование новообразованной континентальной коры. В пределах крупных сегментов Земли, испытавших деструкцию, функционирование мантийных очагов постепенно «угасает», динамизм мантийных магм снижается, режим расширения сменяется режимом общего сжатия, а магматизм становится преимущественно коровым. Эти процессы обуславливают нарастание мощности новой континентальной коры и сокращение площади земной поверхности. Осадочные бассейны деструктивной стадии за счет деформации, преимущественно сжатия, превращаются в геосинклинально-складчатые структурно-формационные зоны: унаследованные синклинории, инверсионные антиклинории, многосинклинали и др., а слагающие их породы испытывают глубокий метаморфизм и в отдельных зонах — гранитизацию.

На конструктивной стадии образуются и особые осадочные бассейны: краевые и межгорные прогибы, наложенные впадины и др. Осадки в них представлены прото- и дейтероорогенными комплексами.

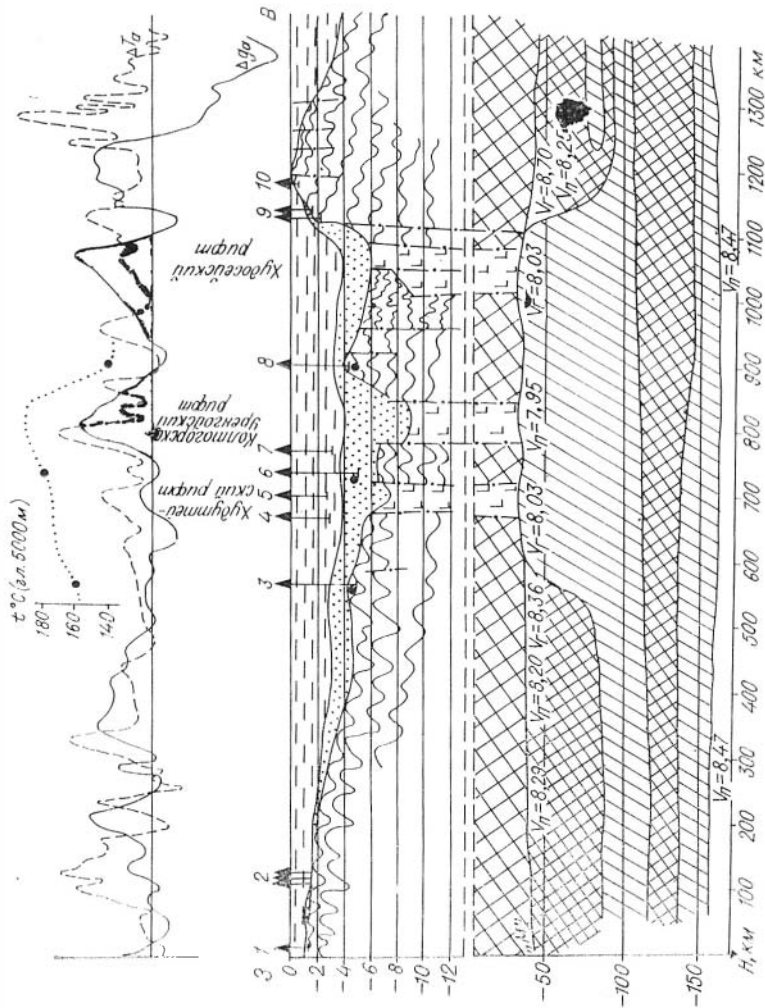
Таким образом, как на деструктивной, так и на конструктивной стадиях развития земной коры, составляющих единый тектономагматический мегацикл, образуются осадочные бассейны, но осадки в них накапливаются в совершенно различных дипамических и термальных режимах, а нефтематериинские породы характеризуются различным качеством и количеством органического вещества.

Согласно современной органической теории нефтегазообразования богатыми углеводородным сырьем должны быть бассейны, образованные на деструктивной стадии развития земной коры (что убедительно подтверждается и практикой геолого-поисковых работ). В их пределах, как уже сказано, осадки формировались в условиях длительного устойчивого погружения территории, охватывающего ряд геологических периодов. Они характеризуются большой мощностью и высокой концентрацией органического вещества в породах, а высокая тектоническая активность и повышенный эндогенный тепловой режим способствовали ускоренной миграции углеводородов и концентрации их в крупные месторождения.

В последнее время некоторые исследователи объясняют концентрацию углеводородного сырья в пределах таких бассейнов привнесом углеводородов из глубинных недр Земли⁴. Действительно, в современных рифтовых зонах наблюдается интенсивное выделение углеводородных соединений. Эти высоколетучие компоненты в условиях активного рифтообразования, по-видимому, не могут концентрироваться в объемах, достаточных для образования месторождения. Они, скорее всего, улетучиваются в гидро- и атмосферу.

Главные же массы осадочных пород с высокой концентрацией органического вещества формируются в период затухания процессов рифтогенеза, т. е. унаследованного прогибания зон, испытавших рифтогенез. В этот период активная магматическая и, следовательно, гидротермальная связь земной коры и осадочных бассейнов с мантией практически прекращается. Однако импульс направленных нисходящих тектонических движений (главный фактор формирования крупных бассейнов) остается достаточно высоким. Мощным остается в этот период и тепловой поток в бассейнах, поддерживаемый большой теплопроводностью рифтовых зон,

⁴ См.: Кропоткин П. Н., Валяев В. М. Развитие теории глубинного (неорганического и смешанного) происхождения углеводородов.— В кн.: Горючие ископаемые. М., 1976, с. 133—143.



представляющих собой расщелины в земной коре и литосфере, на всю мощность заполненные породами основного и ультраосновного составов. Породы эти по сравнению с породами соседних блоков обладают большей теплопроводностью. По ним в течение длительного времени (за геологические периоды и эры) поступает в осадочную оболочку избыточное эндогенное тепло — один из главных факторов ускорения эмиграции углеводородов из осадков.

На рис. 1 приведена модель литосферы северной части Западно-Сибирской плиты, построенная на основании сейсмических и буровых данных и комплексной интерпретации этих материалов. На разрезе четко видна связь зон грабен-рифтов с мантией через глубинные разломы растяжения. Эти зоны разломов, несмотря на триасовый возраст рифтовой системы, служат проводниками мантийного тепла, так как над ними в осадочном чехле плиты отмечаются до постоянного времени повышенные температуры.

В целом, деструктивная стадия развития земной коры представляется нам наиболее благоприятной для формирования и концентрации в бассейнах залежей нефти и газа.

В совершенно иной тектонической обстановке формируются осадочные бассейны на конструктивной стадии развития земной коры. Осадки в них отлагались в условиях общего сжатия и воздымания территории. На этой стадии связь вновь образовавшихся бассейнов с мантией является опосредованной из-за закрытия глубинных разломов. Осадки в этих орогенных бассейнах формируются в условиях аритмичного тектонического режима, недостаточно интенсивного прогресса; состав их, особенно в нижней части, преимущественно эффузивно-осадочный и обеднен органикой, которая к тому же находится в рассеянном состоянии.

На основе современной теории нефтегазообразования (это подтверждается и практикой нефтегазопромысловых работ) осадочные бассейны, сформированные на конструктив-

Рис. 1. Модель литосферы Западно-Сибирской плиты по профилю ГСЗ Березово — Усть-Мая (составили В. С. Сурков, О. Г. Жеро, Л. В. Смирнов; сейсмические данные по верхней мантии А. В. Егоркина, С. К. Зюганова, Н. М. Чернышова).

а — юрско-кайнозойские отложения (верхнеплитный комплекс); б — триас-нижнесреднеюрские отложения (нижнеплитный комплекс); в — рифтовый базитовый комплекс; г — геосинклинально-складчатые комплексы консолидированной коры; д — базальтовый слой; е — верхняя мантия; жс — разуплотненная верхняя мантия; з — разведочные площади: 1 — Алтатумская; 2 — Ванзеватская; 3 — Надымская; 4 — Ямсовейская; 5 — Юбилейная; 6 — Уренгойская; 7 — Восточно-Уренгойская; 8 — Южно-Русская; 9 — Ермаковская; 10 — Игарская.

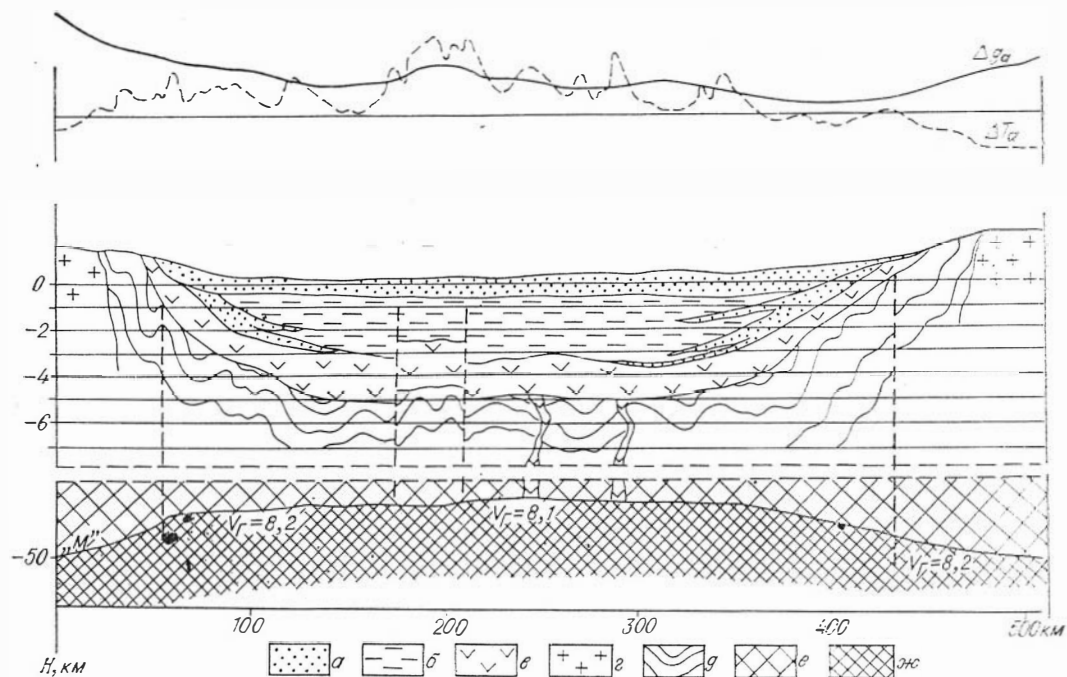


Рис. 2. Модель литосферы типового эпигеосинклинального осадочного бассейна складчатой области (составили В. С. Сурков, О. Г. Жеро, Л. В. Смирнов).

а — песчано-глинистые отложения; **б** — преимущественно глинистые и глинисто-карбонатные отложения; **в** — андезитобазальтовые образования; **г** — гранитоиды; **д** — геосинклинально-складчатые комплексы консолидированной коры; **е** — базальтовый слой; **жс** — верхний мантия.

ной стадии развития и выполненные протоорогенными и дейтероорогенными осадками, характеризуются менее благоприятными условиями для формирования крупных залежей нефти и газа.

На рис. 2 дана модель осадочного бассейна складчатой области, в частности Алтае-Саянской. Такие строение и режим формирования осадков имеют большинство палеозойских осадочных бассейнов, развитых в фундаменте Западно-Сибирской плиты. В более благоприятных для нефтегазообразования тектоническом и тепловом режимах формируются осадки нижних комплексов краевых прогибов и срединных массивов. Осадки этого типа скоплялись на деструктивной стадии, и, следовательно, в условиях длительного и устойчивого погружения. На конструктивной стадии развития земной коры они без особых изменений погружаются на глубины главных фаз нефте- и газообразования. Поэтому нижние комплексы краевых прогибов и срединных массивов весьма перспективны для поисков залежей нефти и газа.

Анализ геологического строения Северного сегмента Земли позволяет утверждать, что в рифее и фанерозое на этой территории проявились два полных тектономагматических мегацикла и первая, деструктивная, стадия третьего мегацикла, охватившего мезозой и кайнозой. На деструктивной и конструктивной стадиях этих тектономагматических мегациклов в данном сегменте Земли формировались осадочные бассейны различного генезиса. Однако осадочные бассейны деструктивных стадий рифейского и палеозойского периодов на конструктивных стадиях развития земной коры подвижных поясов были преобразованы в структурно-формационные зоны складчатого типа. Осадки в складчатых структурах этого типа представлены уже глубоко метаморфизованными, смятыми в крутые изоклинальные складки породами. Таким образом, осадочные бассейны с месторождениями нефти и газа, которые были сформированы в рифее и палеозое, на конструктивных стадиях этих геологических эр были превращены в структурно-формационные зоны складчатого типа. Осадки в них были глубоко метаморфизованы, а месторождения углеводородов разрушены. К структурно-формационным зонам такого типа относятся: унаследованные синклинии Уральской складчатой системы, в том числе погруженные под мезозойско-кайнозойским чехлом Западно-Сибирской плиты, инверсионные антиклинии Обь-Зайсанской складчатой зоны и Центрально-Западносибирской складчатой системы герци-

вид, развитых в фундаменте Западно-Сибирской плиты, а также структурно-формационные зоны других складчатых систем палеозойского возраста.

Выявленные закономерности перехода осадочных бассейнов в структурно-формационные зоны складчатого типа позволяют высказать еще одно соображение в пользу органической теории происхождения нефти. В современных складчатых областях нередко имеют место проявления и даже небольшие месторождения нефти на некоторых участках структурно-формационных зон складчатого типа. Такие нефтепроявления можно считать следами месторождений, существовавших в осадочных бассейнах, когда те находились на деструктивной стадии. Особенности этих нефтепроявлений никоим образом не подтверждают абиогенную теорию происхождения нефти.

С рифейским деструктивным процессом, в частности рифтогенезом или, возможно, пижмемантийным диапиризмом, следует, по-видимому, связывать формирование бассейнов Прикаспийской впадины, Тимано-Печорской области, Днепро-Донецкого авлакогена, а также Тунгусской синеклизы.

Как известно, в конце палеозоя на Евразийском и Американском континентах сформировались складчатые системы и области с новой континентальной корой, которая в силу многоэтапного развития была представлена ассоциациями структурно-вещественных комплексов, образованных в течение рифейского, палеозойского, а также и более древних, т. е. докарельского и карельского, тектономагматических мегациклов. Породы этих ассоциаций в процессе своего развития (в пределах подвижных поясов) претерпели глубокий метаморфизм, складчатость и гранитизацию. Континентальная кора этих зон приобрела к концу палеозоя большую анизотропность, жесткость и значительную мощность. Поэтому начавшийся в конце палеозоя в Северном сегменте Земли новый этап теплового и магматогенного воздействия мантии на литосферу вызвал обширную деструкцию земной коры, выразившуюся в образовании в мезозойскую и кайнозойскую эры ряда рифтовых систем, а также срединных океанических хребтов Северной Атлантики и Северного Ледовитого океана, образующих в совокупности единую направленное развитие Арктико-Североатлантическую рифтовую мегасистему⁵ (рис. 3). В преде-

⁵ См.: Сурков В. С., Жеро О. Г., Смирнов Л. В. Арктико-Североатлантическая рифтовая мегасистема. — Геол. и геофиз., 1984, № 8, с. 3—11.

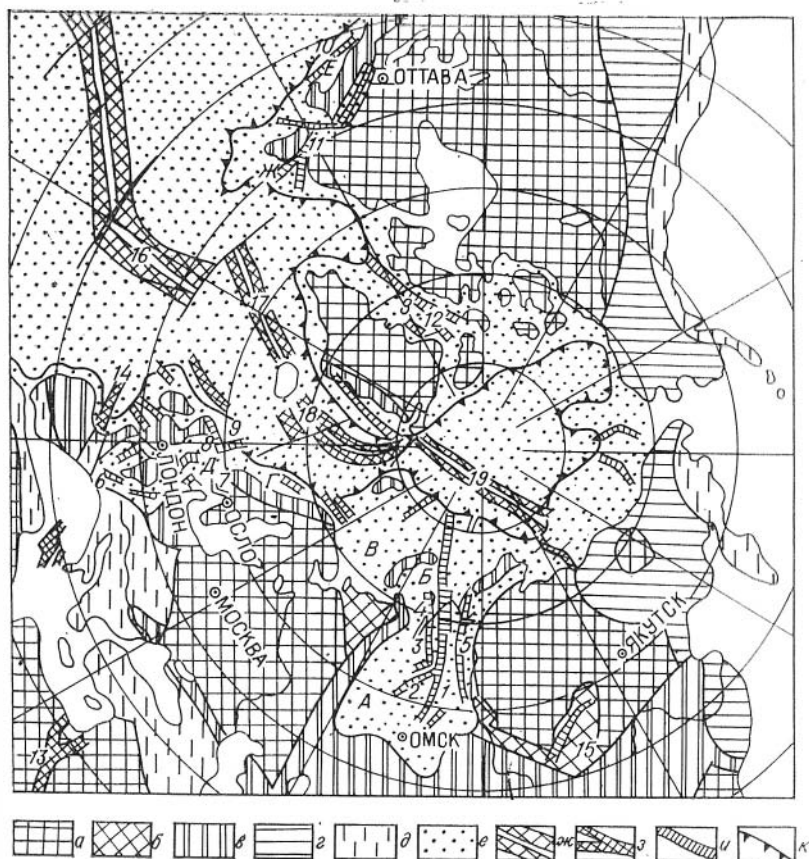


Рис. 3. Арктико-Северо-Атлантическая рифтовая мегасистема (составили В. С. Сурков, О. Г. Жеро, Л. В. Смирнов).

Области складчатости: а — докарельской и карельской; б — байкальской (рифтовой); в — палеозойской; г — мезозойской; д — кайнозойской; е — мезозойско-кайнозойские осадочные бассейны (А — Западно-Сибирский; Б — Карский; В — Баренцевоморский; Г — Норвежский; Д — Североморский; Е — Хаттерас; Ж — Ньюфаундлендский; З — Баффиноморский); ж — Срединно-океанические хребты; з — современные рифты; и — палеорифты; к — тектонический уступ континентального склона.

Рифты: 1 — Колтогорско-Уренгойский; 2 — Аганский; 3 — Худуттейский; 4 — Ямальский; 5 — Худосейский; 6 — Роно-Рейнский; 7 — Осло; 8 — Центральный; 9 — Викинг; 10 — Флоридский; 11 — Св. Лаврентия; 12 — пролива Девиса и моря Баффина; 13 — Красноярский; 14 — Бискайский; 15 — Байкальский.

Срединно-океанические хребты: 16 — Иронделия; 17 — Рейкьянес; 18 — Мона; 19 — Гаккеля.

лах этой мегасистемы выделяются рифтовые системы на северо-западе Европы, в бассейнах Северного, Норвежского, Баренцева и Карского морей, в Западной Сибири и Северо-Американском континенте (рифтовые системы Святого

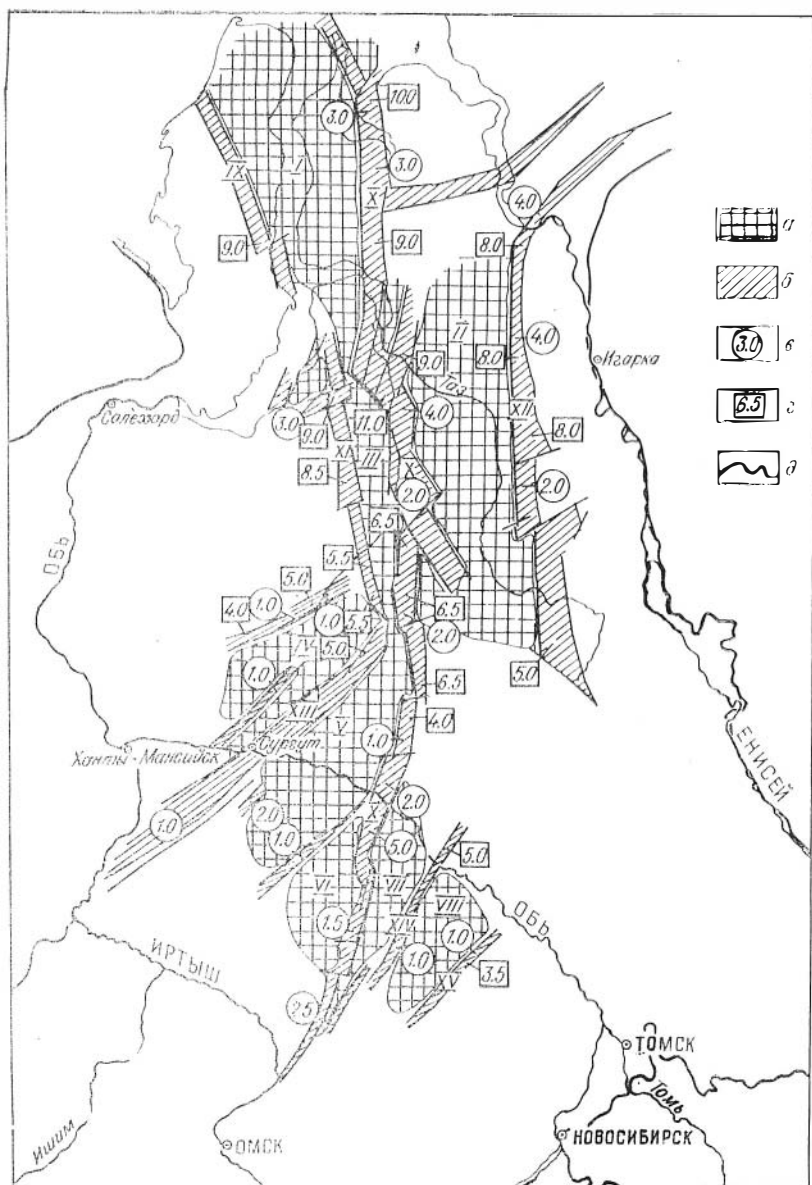


Рис. 4. Трпасовая рифтовая система Западно-Сибирской плиты (составили В. С. Сурков, О. Г. Жеро, В. Н. Крампик, Л. В. Смирнов). а — межрифтовые поднятия; б — триасовые грабен-рифты; в — мощность грабенового комплекса; г — глубина залегания поверхности рифтового интрузива.

Лаврентия, Боффинова моря и др.). Эти рифтовые системы и осложняющие их рифтовые зоны образовались в раннем мезозое.

Анализ геологических и геофизических материалов по современным рифтовым зонам Восточной Африки (Кенийский, Эфиопский, Аденский, Красноморский, Рио-Гранде (Америка), Байкальский и другие рифты) и палеорифтовым зонам (Осло, Рейнский, Североморский, Святого Лаврентия и другие рифты) показывает, что они имеют устойчивые, присущие им геологические, глубинные, геоморфологические и геофизические признаки.

Эти рифтовые зоны отличаются четкими, весьма интенсивными положительными гравитационными и магнитными аномалиями. В пределах рифтовых зон отмечается уменьшение скорости по поверхности Мохоровичича и общее уменьшение мощности коры до 30—35 км и подъем ее подошвы в зонах рифтов. Морфологически это рифтовые долины, впадины, грабены и трогии размерами до 1000 км и более в длину при ширине от нескольких километров до 100 км. В рифтовых зонах развит преимущественно целочный вулканизм основного состава. Важным признаком рифтовых зон является высокий тепловой поток, который в современных активных рифтах связан с конвективным переносом тепла из мантии при внедрении расплавленных магм по разломам, а в палеорифтах вызван большей теплопроводностью основных и ультраосновных пород, заполняющих расщелину рифтовой зоны, по сравнению с соседними зонами, где земная кора представлена породами преимущественно силикатного состава.

Указанные признаки позволяют в Северном сегменте Земли однозначно выделять под осадками морских бассейнов или на континенте в районах, перекрытых платформенными чехлами, рифтовые зоны и дать иное объяснение генезису развитых над ними осадочных бассейнов. В частности, в фундаменте Западно-Сибирской плиты развита рифтовая система триасового возраста с присущими ей вышеперечисленными геофизическими, глубинными, термальными, структурными и геологическими признаками (рис. 4).

ного комплекса; ∂ — граница распространения мезозойско-кайнозойского платформенного чехла.

Структуры рифтовой системы: межрифтовые поднятия: I — Северо-Ямальское; II — Красноселькупское; III — Уренгойское; IV — Сургутское; V — Нижневартовское; VI — Каймысовское; VII — Александрово-Васюганское; VIII — Сенгилево-Пудинское; грабен-рифты: IX — Ямальский; X — Колтогорско-Уренгойский; XI — Худуттейский; XII — Худосейский; XIII — Аганский; XIV — Усть-Тымский; XV — Чувикский.

Эта рифтовая система представлена грабен-рифтами (Колтогорско-Уренгойский, Аганский, Худосейский, Худуттейский, Ямальский, Усть-Тымский, Чузикский) и межрифтовыми поднятиями (Сургутское, Нижневартовское, Александрово-Васюганское, Пудинское, Северо-Ямальское, Уренгойское, Тагринское и др.). Рифтовая система была сформирована в нижнем триасе. Время формирования ее устанавливается достаточно точно, так как она рассекает структурно-формационные зоны фундамента позднегерцинского возраста и перекрывается отложениями нижней — средней юры.

Как известно, тектонические процессы, формирующие структурные элементы различного типа, в том числе и порожденные рифтогенезом, не затухают мгновенно. Импульсы направленных тектонических движений в них унаследованно сохраняется в течение 200—250 млн. лет. Поэтому начавшиеся в раннем мезозое в результате рифтогенеза прогибание крупных зон земной коры в Северном сегменте Земли, несмотря на ослабление этого процесса в периферийных рифтовых системах, продолжалось под воздействием унаследованных движений в течение мезозоя и кайнозоя, что привело к образованию седиментационных мегабассейнов, характеризующихся большой мощностью осадочных образований. В мезозое и кайнозое были сформированы Западно-Сибирский мегабассейн, бассейны в пределах современных Северного, Карского, Норвежского, Баренцева морей, Парижский, Святого Лаврентия, Баффина и другие бассейны.

Сформированные рифтогенезом структурные элементы (грабен-рифты, межрифтовые поднятия) продолжали унаследованно развиваться также в мезозое и кайнозое. Как наиболее молодые структурные элементы фундамента, они оказали решающее воздействие на формирование структур в платформенном чехле. Над грабен-рифтами, благодаря их унаследованному прогибанию в мезозойско-кайнозойском чехле, были сформированы зоны мегажелобов и желобов. В пределах Западно-Сибирской плиты такого типа структурами являются: Колтогорско-Уренгойский, Аганский, Усть-Тымский, Чузикский, Худосейский, Худуттейский, Ямальский желоба (рис. 5).

Над межрифтовыми региональными зонами поднятий образовались крупные сводовые поднятия (Сургутское, Нижневартовское и др.). В бассейне Северного моря в мезозое и кайнозое сформировались желоба Викинг, Центральный и др. (рис. 6).

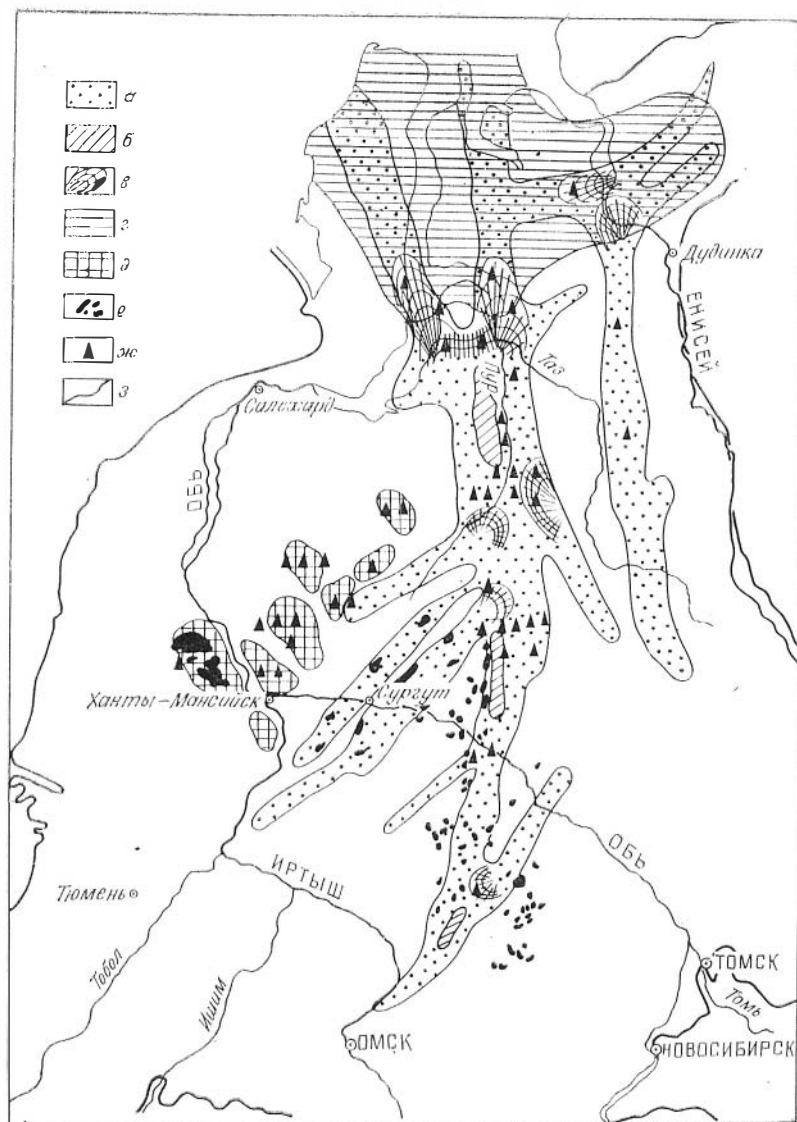


Рис. 5. Система мезозойско-кайнозойских желобов Западно-Сибирской плиты (составили В. С. Сурков, А. А. Трофимук, О. Г. Жеро, А. Э. Конторович, Л. В. Смирнов).

a — желоба; *b* — крупные поднятия в желобах; *v* — дельты крупных палеорек; *g* — область развития прибрежно-морских и морских отложений; *d* — крупные поднятия в пределах Мансийской синеклизы; *e* — залежи нефти и газа в нижнесреднеюрских отложениях; *ж* — глубокие параметрические скважины для изучения нефтегазоносности триас-нижнесреднеюрских отложений; *z* — границы распространения мезозойско-кайнозойского чехла.

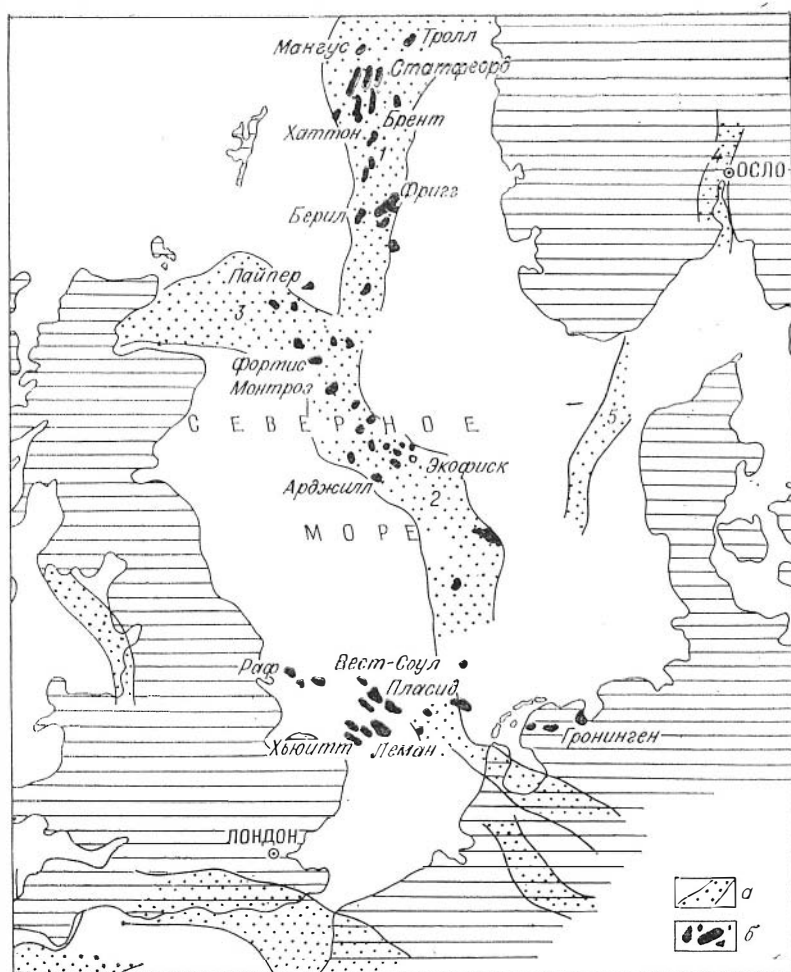


Рис. 6. Система мезозойских желобов над рифтовыми зонами фундамента Североморской плиты и расположение выявленных месторождений нефти и газа.

а — мезозойские желоба (1 — Викинг, 2 — Центральный, 3 — Моррис-Ферт; 4 — Осло, 5 — Хорн); б — месторождения нефти и газа.

Рифтогенез предопределил формирование в указанных осадочных бассейнах двух структурных этажей: пиннеплитного и верхнеплитного (рис. 7).

Нижнеплитный комплекс охватывает континентальные нижне- и среднеюрские и средне-верхнетриасовые отложения.

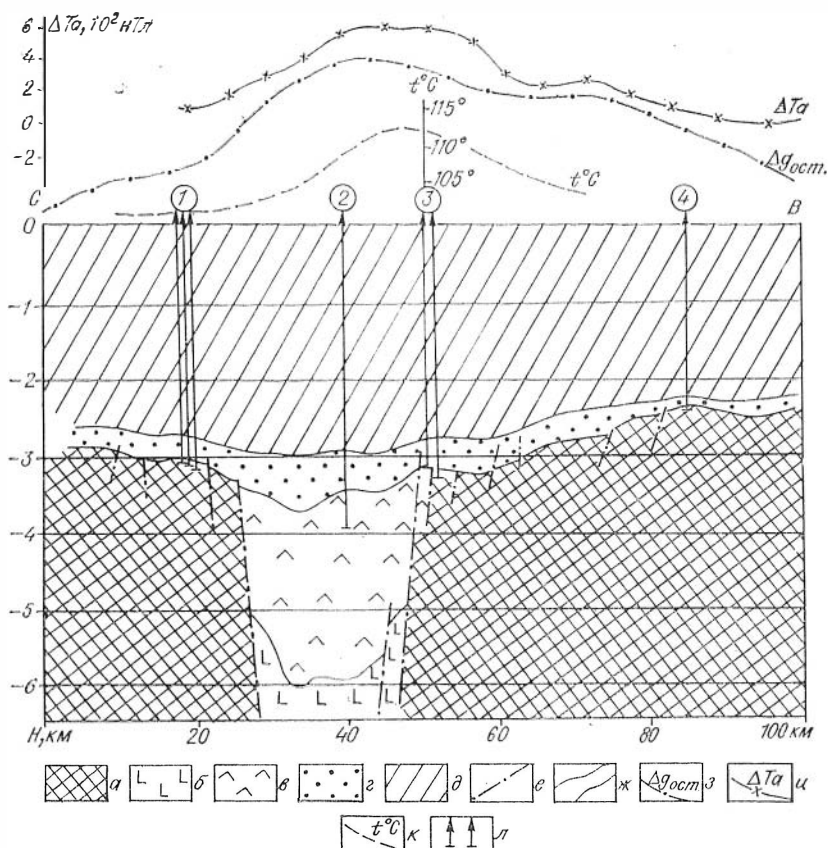


Рис. 7. Геолого-геофизический разрез Колтогорско-Уренгойского грабен-рифта (составитель М. В. Смирнов (по материалам Томского геофизического треста и Александровской НРЭ)).

Комплексы: а — геосинклинально-складчатый; б — рифтовый; в — грабеновый; г — нижнеплитный; д — верхнеплитный; е — разломы; ж — сейсмическая граница; з — график остаточного гравитационного поля; и — график аномального магнитного поля; κ — температура пластов на глубине 3000 м; λ — поисково-разведочные скважины.

Разведочные площади: 1 — Квартовая; 2 — Саймовская; 3 — Колтогорская; 4 — Полуденная.

Верхнеплитный комплекс представлен морскими отложениями верхней юры, прибрежно-морскими и континентальными отложениями мела и палеогена.

Унаследованные тектонические движения в пределах рифтовых зон и межрифтовых поднятий фундамента Западно-Сибирской плиты наибольшее влияние оказали на структуру и фациальный состав нижнеплитного комплекса.

В пределах желобов этот комплекс отложений характеризуется повышенной мощностью (1—4 км), а на сводовых поднятиях мощность комплекса сокращена и не превышает 500 м (рис. 8).

Система грабен-рифтов, которая была сформирована в процессе рифтогенеза, контролировала не только распределение мощности осадочных толщ, но и литолого-фациальный состав нижнеплитного комплекса.

Зоны грабенов в триас-юрское время представляли собой русла речных долин. Здесь происходило накопление песчаного материала в виде конусов выноса, песчаных кос и руслового аллювия. Межрифтовые же зоны поднятий в это время были территориями накопления озерино-болотистых, алевроит-аргиллитовых осадков. Вообще говоря, рифтовая система определяла осадконакопление, создавая литолого-фациальную неоднородность и дифференциацию континентальных отложений по мощности.

Процесс триасового рифтогенеза затухал постепенно. Его влияние проявилось на тектонике и литофациях верхнеплитного комплекса, в частности в верхней юре, меловых и вплоть до современных отложениях. В пределах желобов, как правило, отмечается увеличение мощности верхнеплитного комплекса за счет нижней части меловых отложений.

Таким образом, высокая остаточная тектоническая активность рифтовых зон, большие мощности и площади распространения отложений нижнеплитного комплекса, динамика устойчивого погружения на протяжении мезозоя и кайнозоя, режим повышенного теплового потока (в пределах желобов отмечается повышенная температура в юрских и даже меловых отложениях, а градиент нарастания температур с глубиной также выше, чем в зонах межрифтовых поднятий) позволяют полагать, что породы нижнеплитного комплекса с высокой концентрацией органического вещества класса гумитов, сапропелито-гумитов имели все предпосылки для высокой генерации, эмиграции и формирования больших скоплений углеводородов. В пределах желобов и на склонах крупных сводовых поднятий песчаные фации характеризуются улучшенными коллекторскими свойствами.

Контролирующим фактором распределения песчано-глинистых фаций в низах неокомских отложений также являются унаследованные движения рифтовых зон. В пределах желобов и на их бортах в нижних горизонтах неокомских отложений создавались условия прибрежно-морского и мелководно-морского палеоландшафта, что предопределило накопление песчаных фаций на бортах желобов. Это под-

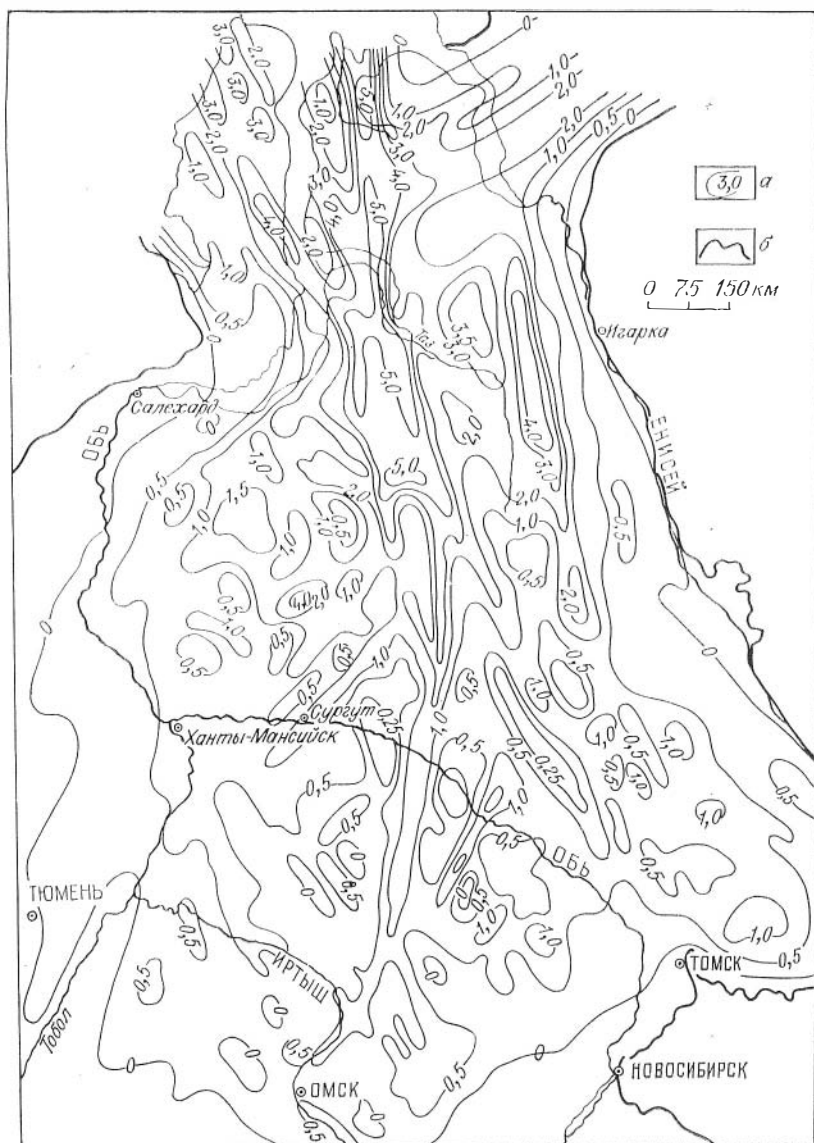


Рис. 8. Схематическая карта мощности нижнеплитного комплекса Западно-Сибирской плиты (составили В. С. Сурков, В. Н. Крамник, О. Г. Жеро, Л. В. Смирнов).

a — изопахиты, км; *b* — граница распространения мезозойско-кайнозойского платформенного чехла.

тверждается открытием ряда неструктурных залежей в нижних горизонтах неокома на бортах Колтогорско-Уренгойского желоба (Южно-Пырейное, Восточно-Тарасовское, Еты-Пуровское и другие месторождения).

Материалы по Западно-Сибирской плите, по бассейну Северного моря и другим показывают, что триасовый рифтогенез предопределил специфику нефтегазоносности таких провинций.

Наличие крупных структур с запасами нефти и газа в меловых отложениях, тяготеющих к рифтовым зонам в пределах Западно-Сибирской плиты, доказано бурением. Региональной нефтегазоносностью характеризуется и нижнеплитный комплекс, но в этом комплексе наиболее благоприятные условия для скопления залежей нефти и газа, как показывает практика, создаются в зонах желобов. В этих зонах в пределах Западно-Сибирской плиты — на основе аналогии с бассейнами Северного и Норвежского морей — могут быть открыты месторождения нефти и газа в континентальных триас-среднеюрских отложениях, а также в термских, но на больших глубинах.

На составленной для территории Западно-Сибирской плиты карте показаны зоны желобов, где нужно в первую очередь сосредоточить поисково-разведочные работы на поиски месторождений нефти и газа в дельтовых и русловых фациях. Такими первоочередными зонами являются Колтогорско-Уренгойский и Аганский желоба (см. рис. 5). Здесь могут быть обнаружены залежи нефти и газа как на структурах, так особенно в ловушках неструктурного типа. Наиболее благоприятными и первоочередными объектами для поисков месторождений нефти можно считать дельтовые зоны палеорек, прежде всего на севере Западно-Сибирской плиты, где развиты дельтовые фации на шельфе юрского моря.

В пределах указанных и других желобов предлагается пробурить сеть параметрических скважин глубиной 4,5—5 тыс. м, но предварительно в зоне заложения таких скважин должны быть выполнены сейсмические работы по методу ОГТ, обработанные по методике ПГР, для уточнения места заложения глубоких скважин⁶.

⁶ См.: Сурков В. С., Трофимук А. А., Жеро О. Г., Конторович А. Э., Смирнов Л. В. Триасовая рифтовая система, ее влияние на структуру и нефтегазоносность платформенного мезозойско-кайнозойского чехла Западно-Сибирской плиты. — Геол. и геофиз., 1982, № 8.

Месторождения нефти и газа в аналогичных же фациям нижне-среднеюрских отложениях могут быть открыты также на склонах сводовых поднятий в Мансийской синеклизе⁷. В ее пределах на Красноленинском своде в отложениях такого же типа и возраста уже открыты месторождения нефти. В пределах Мансийской синеклизы еще не менее 4—5 крупных сводовых поднятий, по более глубоко погруженных. Эта синеклиза формировалась также в условиях устойчивого погружения, повышенного теплового прогрева осадков и высокой тектонической активности, но здесь бассейны образовались не под воздействием рифтогенного процесса. Мансийская синеклиза сформировалась на древнем Уват-Хантымансийском срединном массиве байкальского возраста. Срединный массив как структура, более древняя по сравнению с соседними зонами герцинид, в течение мезозоя и кайнозоя испытывал устойчивое погружение. В пределах этой территории особенно устойчивым погружение было в течение верхней юры и нижнего мела. Осадки этого возраста представлены в преимущественно глинистых фациях и служат надежным экраном для сохранения залежей нефти и газа в континентальных отложениях триаса и юры.

Итак, устанавливаемые цикличность и последовательность деструктивной и конструктивной стадий в истории развития земной коры, позволяют глубже познать эволюцию того или иного сегмента Земли, понять генезис структурных зон, формирующихся на каждой из стадий, и закономерности распределения в них полезных ископаемых. В частности, рассмотрение деструктивной и конструктивной стадий развития земной коры Северного сегмента Земли позволяет уточнить основные положения современной теории органического происхождения нефти и подтвердить историчность явления нефтегазообразования. Рифтогенез в общем процессе развития земной коры явился отражением одной из определяющих форм проявления деструкции континентальной коры. С ним связано образование крупных бассейнов, в которых осадки формировались в условиях высокой динамичности погружения и интенсивного прогрева.

⁷ См.: Сурков В. С., Трофимук А. А., Жеро О. Г., Конторович А. Э., Смирнов Л. В. Перспективы поисков нефти в палеозойских и нижне-среднеюрских отложениях Мансийской синеклизы.— Геол. и геофиз., 1983, № 1, с. 16—24.

РОЛЬ СМЕЖНЫХ НАУЧНЫХ ДИСЦИПЛИН В КАЧЕСТВЕННОЙ И КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКАХ ПРОЦЕССОВ НЕФТЕ- И ГАЗООБРАЗОВАНИЯ В НЕДРАХ

*А. М. АКРАМХОДЖАЕВ, акад. АН УзССР,
А. В. КИРШИН, д-р геол.-мин. наук*

Комплексный подход к решению актуальных проблем, базирующийся на последних достижениях смежных научных дисциплин, не только гарантирует наиболее успешный результат, но и приводит нередко к выявлению принципиально нового, еще не познанного в науке. Как известно, основное число открытий в последнее время делается на стыке наук. Вместе с тем формы связи основной науки со смежными дисциплинами могут быть самыми различными и от их оптимальности во многом зависит конечный результат. В свете сказанного поделимся опытом использования некоторых элементов таких наук, как физика, химия и математика, в наших теоретических исследованиях по проблеме генезиса нефти и газа.

Напомним, что в 60-е годы, несмотря на бурное развитие гипотезы органического происхождения нефти, она оставалась все-таки гипотезой, поскольку в ней еще не был однозначно решен ряд принципиально важных вопросов, и в первую очередь вопрос о генетической связи битумоидов и в их составе углеводородов (УВ) непосредственно с органическим веществом (ОВ) материнских пород. Именно это обстоятельство привело к определенной активизации в то время сторонников абиогенного происхождения нефти, которые утверждали, что битумоиды и связанные с ними углеводороды, выделяемые при экстрагировании пород, являются продуктами полимеризации растворителей либо связаны с нефтью в залежах, имеющей «пришлый», глубокий характер, и т. п.

Хотя эти и другие доводы неоргаников не остались без внимания исследователей, стоящих на позициях органического происхождения нефти, и получили достойную ответь, обоснованную экспериментами, практикой поисково-разведочных работ, все же в главном вопросе, связанном с диагностикой битумоидов, еще оставались некоторые условности. Действительно, существующими способами нельзя было однозначно определить, какие битумоиды, экстрагированные из пород, объясаны своим происхождением непосредственно органическому веществу этой толщи, а какие пришли из других материнских свит, какова доля в них действительно автохтонных разностей.

Итак, мы пришли к выводу, что использование только одного подхода, основанного на химико-битуминологических методах изучения пород, не обеспечило надежного решения указанного вопроса. Нужны были какие-то принципиально новые пути выявления действительно автохтонных битумоидов и связанных с ними углеводородов.

Поскольку у нас возникла мысль, что эти углеводороды, если они есть, логичнее всего искать непосредственно в чреве породившего их органического вещества, то естественно встал вопрос: как, какими методами проверить наше предположение? Рассуждая дальше, неизбежно задались следующим вопросом: если эти углеводороды присутствуют в самом ОВ, то какую форму они имеют в его структуре? Скорее всего, они должны быть сорбированы высокомолекулярными компонентами органического вещества, а раз так, то эти УВ могут быть выделены при физическом воздействии на нерастворимое органическое вещество (НОВ) и изучены физико-химическими методами. Эти рассуждения, по существу, и определили тактику экспериментальных работ: ступенчатый прогрев НОВ в вакууме в режиме, исключающем его деструкцию, с изучением выделяющихся продуктов на масс-спектрометре.

Вообще-то говоря, наше предположение о теоретической возможности нахождения нефтегазовых углеводородов в остаточном органическом веществе шло вразрез с существующими представлениями, поскольку технология получения НОВ предусматривает довольно жесткую обработку пород органическими и неорганическими растворителями. Поэтому трудно было допустить, что после такой обработки в нем могли остаться углеводороды, растворимые в хлороформе, спиртобензоле и т. п. Собственно говоря, именно по этой причине данное остаточное органическое вещество и было названо в свое время нерастворимым.

Результаты наших экспериментальных исследований известны: вопреки сложившемуся мнению в считавшемся долгие годы нерастворимым органическом веществе были выявлены, причем в значительных количествах, нефтегазовые углеводороды, действительно сингенетичные породившему их ОВ. Автохтонность этих углеводородов, их унаследованность от органического вещества, ранних этапов преобразования, доказывается целым комплексом экспериментальных исследований, теоретических соображений, расчетных материалов. К их числу относятся, к примеру, невозможность попадания в структуру ОВ углеводородов извне; доказательства преимущественного процесса десорбции углеводо-

родов в температурном интервале их выделения (30—250°C) и отсутствия здесь заметной деструкции ОВ в условиях опыта и многое другое.

Довольно бурные споры происходили относительно причин сохранности углеводов в структуре ОВ. Для выяснения этих причин и доказательства правомерности сделанных выводов первостепенное значение имели результаты физических методов исследования. Именно они позволили установить особенности структуры НОВ, в частности ее «сшитость»; определить широкое развитие микропор с большой сорбционной поверхностью и диаметром, достаточным для размещения молекул реликтовых УВ, но меньшим диаметра молекул растворителя; показать экранирующее действие связанной воды, препятствующей как выходу из микропор молекул УВ, так и поступлению в них молекул растворителей и др.

Наличие нефтегазовых углеводов в нерастворимом органическом веществе, установление закономерностей их содержания в зависимости от типа ОВ, степени его преобразования и других факторов позволили нам в конечном итоге выявить ранее неизвестное свойство органического вещества осадочных пород сохранять и накапливать до определенных термобарических условий в своей нерастворимой части углеводороды — продукты ранних стадий преобразования ОВ — в диагенезе и начальном катагенезе.

Таким образом, ориентации на методы смежных наук — физики и физической химии — оказалась вполне оправданной и привела к обнаружению особого свойства ОВ, еще никому не известного. Уместно в связи с этим сказать, что термин «нерастворимое органическое вещество» на новом уровне знаний оказался неприемлемым, поскольку неправильно отражал сущность объекта. Поэтому А. М. Акрамходжаевым было предложено именовать его органическим веществом, концентрированным (из дебитуминизированных пород) лабораторно (ОВ-КЛ).

Несмотря на очевидность полученных результатов и сделанных на их основе выводов относительно особенностей процессов преобразования ОВ, генерации и эмиграции битумоидов и связанных с ними на разных этапах литогенеза углеводов, многие вопросы долгое время оставались дискуссионными.

Для дополнительного доказательства сорбционной природы углеводов, выделяемых в температурном интервале 30—250°C, а также установления причин сохранности реликтов раннего преобразования ОВ в его структуре, для

идентификации процессов в лабораторных и естественных условиях была проведена серия новых экспериментальных работ. Не вдаваясь в подробности, отметим, что важную роль сыграли результаты рентгенонейтронографических исследований, однозначно свидетельствующие о практической ненарушенности несущей структуры ОВ-КЛ при прогреве образцов до 277°C, т. е. об отсутствии в данном температурном режиме ощутимых процессов деструкции ОВ. Знаменательно, что эти результаты получены в Институте ядерной физики АН УССР. Это наглядный пример успешного использования в нефтегазовой геологии возможностей такой науки, как ядерная физика.

Заметим, что в наших исследованиях нефтегазообразования вообще очень широко и эффективно используются физико-химические методы: рентгеноструктурный, термический, дериватографический и др. В одних случаях это позволило намного оперативнее по сравнению с химико-битуминологическими методами определять важнейшие параметры органического вещества, например его преимущественный тип и степень геохимической преобразованности; в других — получить принципиально новые характеристики, освещающие параллельные изменения осадочных пород и ОВ, находящегося в них на разных этапах катагенеза.

Определенные положительные результаты получены и при использовании геофизических методов, для косвенного изучения отдельных геохимических характеристик органического вещества. Это резко расширило объем требуемой информации при прогнозе перспектив нефтегазонасыщенности пластов, позволило выяснить, хотя бы в первом приближении, геохимические параметры пород и ОВ на глубинах, недоступных ныне бурению.

На всех этапах теоретических исследований и в практике работ исключительную роль играет математика — эта, по образному выражению Софьи Ковалевской, «царица и служанка всех наук».

Так, благодаря использованию корреляционного анализа установлена математически целая серия зависимостей между различными геохимическими параметрами, выяснены закономерности их изменения в тех или иных геологических условиях, осуществлена оценка достоверности полученных связей. Установлено, например, что содержание сорбированных углеводородов в ОВ-КЛ для каждого генетического типа последнего закономерно изменяется с глубиной (а точнее, с палеоглубиной) погружения материнской толщи.

Максимальные количества УВ характерны для пород,

паходящихся на глубинах не более 1000—1500 м. С увеличением глубины данный показатель резко уменьшается, характеризую масштабы десорбции из ОВ нефтегазовых углеводородов. Представительность исходной выборки (почти 300 определений), высокий коэффициент корреляции (более 0,9) и другие статистические оценки однозначно свидетельствуют о высокой надежности выявленных закономерностей.

Можно привести немало подобных примеров удачного применения математики. Вместе с тем главное в математических методах в рамках рассматриваемой проблемы сводится к одной из важнейших практических реализаций теоретических разработок — к созданию такого варианта объемно-генетического метода оценки потенциальных ресурсов нефти и газа, в котором максимально полно учтены все особенности преобразования органического вещества осадочных пород на разных стадиях литогенеза, включая селективное накопление в нем углеводородов ранних этапов и последующую их десорбцию, новообразование УВ в результате деструкции органического вещества в катагенезе, расход части этих продуктов на изменение битумо- и газонасыщенности самих материнских пород. Столь полный учет всех УВ-продуктов различных стадий литогенеза стал возможным благодаря принципиальной разработке уравнения углеводородного баланса двух частей материнской толщи: потенциальной, где формируется исходный генетический потенциал продуктивности ОВ, и производящей, где осуществляется его реализация. При практическом решении выведенного уравнения использованы элементы таких разделов математики, как дифференциальное и интегральное исчисление.

В процессе настоящей разработки остро встал вопрос о необходимости разделения суммы продуцированных и эмигрировавших углеводородов на жидкие и газообразные фракции, поскольку лишь дифференцированный подход может обеспечить научно обоснованный с генетических позиций, раздельный, направленный поиск скоплений нефти, газа, конденсата. Для решения этой задачи потребовалось создать математическую модель последовательного преобразования ОВ по мере погружения вмещающих его осадочных пород. Такая модель была создана благодаря широкому использованию ранее выявленных закономерностей пространственной изменчивости основных параметров, характеризующих особенности геологического, в том числе и геохимического, развития изучаемых регионов.

При анализе результатов математического моделирования выяснилось, что его возможности не ограничиваются решением только поставленной задачи. Появилась реальная возможность реконструировать процессы генерации и эмиграции УВ в геологическом времени, т. е. выявить динамику этих процессов в историко-геологическом аспекте. Это, в свою очередь, позволило увязать интенсивность и масштабы нефте- и газообразования в тот или иной геологический период с особенностями тектонического развития региона в данное время — с формированием структур, активизацией дизъюнктивов и т. д., что в конечном итоге повысило надежность прогноза нефтегазоносности на генетической основе.

И еще один аспект применения математических методов в рамках объемно-генетического способа оценки потенциальных ресурсов нефти и газа. Как известно, переход от количества эмигрировавших УВ к их потенциальным ресурсам осуществляется либо использованием коэффициентов аккумуляции УВ в скопления, либо расчетом потерь УВ при миграции в ловушки, их расформировании и т. д. Последний подход, несмотря на его исключительную перспективность, до последнего времени не был строго реализован. Обобщив имеющиеся представления по этому вопросу, проанализировав сущность протекающих процессов, мы смогли формализовать решение задачи и выполнить ее алгоритмизацию.

Общеизвестно, что оценки потенциальных ресурсов и прогнозных запасов нефти и газа носят массовый характер, сопряжены с обработкой огромных объемов исходной информации, постоянно нуждаются в уточнении по мере поступления новых дополнительных сведений. Оперативное получение результатов с требуемой точностью ныне невозможно без самого широкого привлечения средств кибернетики. Не случайно поэтому, что и в наших исследованиях все разработки доведены до конкретных алгоритмов и программ для ЭВМ.

Таким образом, все сказанное наглядно свидетельствует о том, что успешное решение проблемы нефтегазообразования в недрах сегодня просто невозможно без широчайшего привлечения смежных научных дисциплин. И дело за тем, чтобы выбрать оптимальные методы из той или иной области знания, использование которых дало бы наибольший эффект при разгадке тайн природы.

МЕТОДОЛОГИЯ И ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ ЗАЛЕЖЕЙ НЕФТИ И ГАЗА

*С. П. МАКСИМОВ, д-р геол.-мин. наук,
И. П. ЛАВРУШКО, канд. геол.-мин. наук*

Изучение проблемы условий формирования залежей нефти и газа самым непосредственным образом влияет на эффективность поисковых работ. В настоящее время разработка этой проблемы достигла зрелой стадии. В распоряжении исследователей имеется комплекс самых разнообразных геолого-геохимических методов, позволяющих смоделировать процесс и условия формирования залежей. Однако всем занимавшимся данной проблемой хорошо известно, что даже тогда, когда изучение формирования залежей завершается созданием достаточно обоснованной модели этого процесса, прогноз величины или фазового состояния залежей далеко не всегда надежен. Зачастую можно сделать заключение лишь относительно общих перспектив нефтегазоносности районов, наметить примерные границы ее ареалов и т. п. Поэтому понятно, что выбор конкретных объектов для бурения часто производится на основе очень простых предпосылок, например выбираются самые крупные структуры. Этот подход может быть применен, в частности, там, где плотность запасов на единицу площади очень высока, и где, следовательно, подавляющее большинство структур заполнено углеводородами, или же в районе, где развиты одна-две очень крупные структуры, которые, естественно, должны рассматриваться в качестве первоочередных объектов поиска. Однако известны и другие районы с не столь высокой плотностью запасов, но с развитыми многочисленными ловушками. В таких районах эффективность поиска во многом зависит от результатов анализа условий формирования залежей, но, как отмечено, выдаваемые рекомендации часто не выдерживают проверки практикой.

С одной стороны, это объясняется тем, что процесс формирования залежей очень сложен и не всегда удается оценить воздействие на него различных факторов. Но, с другой стороны, причину недостаточной эффективности рекомендаций следует видеть и в том, что исследователи нередко применяют один и тот же арсенал теоретических средств к разным районам и на разных этапах работ. Независимо от степени изученности района, от того, расположен ли он в пределах платформы или передового прогиба, ведется ли поиск месторождений вообще или выявляются лишь крупные месторождения и т. п.— во всех случаях изучения ус-

ловий формирования залежей оценивается стандартный набор факторов: наличие материнских толщ и их генерационный потенциал, развитие во времени ловушек, изменчивость структурного плана и путей миграции флюидов и т. д.

Все эти факторы, безусловно, должны так или иначе учитываться. Однако чрезвычайно значим и выбор направления теоретической и практической деятельности, т. е. методологического подхода, который и предопределяет выбор соответствующих методик исследований, их совершенствование и поиск новых приемов. Правильный методологический подход позволяет выявить самое важное на каждом этапе познания.

На том этапе изучения района, когда основную цель всех работ составляет выяснение наличия залежей углеводородов, усилия прежде всего должны быть направлены на выявление трех главных предпосылок формирования залежей: развиты ли здесь мощные осадочные комплексы, чередуются ли в разрезе породы-коллекторы и покрывки, имеются ли достаточно мощные нефтегазогенерирующие толщи. Выявлению этих предпосылок следует уделять главное внимание потому, что *только их совокупность* определяет принципиальную возможность формирования залежей УВ. При этом очень важно выяснить, могут ли материнские толщи продуцировать УВ, и оценить степень воздействия на них вторичных процессов. Отметим попутно, что не следует пессимистически оценивать перспективы нефтегазоносности изучаемого района и в том случае, если окажется, что развитые в его пределах осадочные толщи представлены континентальными образованиями. Исследования, проведенные в разных странах мира, особенно в КНР, убедительно свидетельствуют о том, что в толщах озерно-речного происхождения могут формироваться значительные скопления нефти и газа.

На региональном этапе исследований необходимо также составить общее представление относительно преимущественной нефте- или газоносности района путем оценки типа органического вещества материнских толщ.

При изучении общих предпосылок формирования залежей нефти и газа на региональном этапе поисковых работ необходимо основательно осмыслить всю полученную информацию, не оставляя неясным ни одного вопроса. Только после этого можно переходить от общих проблем к частным.

На следующем этапе поисково-разведочных работ, когда требуется дифференцировать территории по степени пер-

спективности, главным становится выявление факторов, обеспечивающих более благоприятное протекание процесса формирования залежей в одних районах по сравнению с другими. Теперь основной целью должен быть прежде всего анализ геологического развития территории в палеопласте. Унаследованный характер этого развития в одних районах мог привести к созданию устойчивых, долговременных условий, благоприятных для формирования залежей, тогда как в других районах такие условия могли составлять лишь определенную часть геологического прошлого. Далее важно в первую очередь выявить участки крупных унаследованных поднятий, выяснить особенности тектонических движений, определяющих характер разреза и преимущественный тип ловушек, развитие поверхностей несогласий и границы распространения различных обстановок осадконакопления. Результатом такого исследования должно стать ясное представление о направлении движения подземных вод, и, значит, об основных путях миграции углеводородных флюидов, а также о конкретном времени образования ловушек.

Следующий этап — характеристика района: преимущественно нефтеносным или преимущественно газоносным является он. Методологически эффективно эта задача решается в том случае, если выявлены факторы, обуславливающие преимущественное нефте- или газообразование, а также сохранение залежей. При этом надо иметь в виду, что у исследователей нет единого представления о приуроченности главной зоны нефте- и газообразования, роли газов ранней и глубинной генерации, локализации максимумов генерации метана и пр. Следовательно, многое зависит от глубины теоретических разработок. Вместе с тем судить о существовании или отсутствии условий для сохранности нефтяных и газовых залежей можно, лишь выявив закономерности преимущественной генерации нефтяных или газовых скоплений, выявить же это можно практическим наблюдением разных геотектонических элементов. Поэтому на данном этапе исследований особое внимание надо обратить на геотектоническую характеристику района, от которой во многом зависят фазовые состояния УВ. При этом надо исходить из следующих выявленных закономерностей.

В геосинклинальных областях из-за сильной нарушения осадочного разреза условий для сохранности газовых скоплений нет, есть только зоны нефтенакпления. На плитах древних платформ, где действовали разрушающие факторы, преобладают зоны нефтенакпления. На плитах моло-

дых платформ, в области проявления контрастных неотектонических движений, формируются в основном зоны газонакопления, тогда как в районах, где неотектоника проявилась менее активно, обычно образуются зоны нефтенакопления. В межгорных впадинах преобладают зоны нефтенакопления. Зоны газонакопления формируются редко и преимущественно в тех впадинах, которые возникли на месте активизированных участков платформ.

В передовых прогибах зоны нефтенакопления приурочены к более нарушенным внутренним бортам, зоны газонакопления — к внешним. В пределах внутренних бортов альпийских прогибов, в их передовых складках и центральных частях, где низки пластовые температуры, развиты преимущественно зоны нефте- и нефтегазонакопления, а в пределах внешних бортов, где пластовые температуры несколько выше, — преимущественно зоны газонакопления. В противоположность этому к внутренним бортам герцинских краевых прогибов и их центральным частям с повышенными палеотемпературами приурочены преимущественно зоны газонакопления, а к внешним бортам, где пластовые палеотемпературы были значительно ниже, — преимущественно нефтеносные.

Подход к вопросу о преимущественной нефтеносности или газоносности изучаемого района с такой методологической позиции значительно ускорит его решение. Внимание следует также уделять и анализу развития во времени структурного плана, учитывая, что его перестройка более пагубна для образования нефти, чем газа, поскольку последние, покинув расформировавшуюся залежь, быстрее находит другой подходящий экран, способный его удерживать, но для формирования новой залежи нефти необходимо гораздо более сложное сочетание условий, чем для образования газа, и больше времени, за которое может произойти ее рассеивание.

Одной из наиболее трудно разрешимых задач поиска залежей нефти на этапе непосредственного опознания выявленных ловушек является выбор из множества имеющихся ловушек конкретных объектов для бурения. Конечно, такая проблема как уже отмечено выше, почти не встает при изучении районов с очень высокой степенью нефтенасыщенности разреза. Однако она очень актуальна применительно ко многим другим районам, причем, как правило, на всех стадиях их исследования процент пустых структур оказывается довольно высоким, несмотря на то что для разбуривания выбираются, казалось бы, наиболее подходя-

щие из них. Вопреки тому, что выбранные ловушки передко почти ничем не отличаются друг от друга по всей совокупности проанализированных параметров, одни оказываются продуктивными, а другие — пустыми. Именно на этой стадии поисков изучение условий формирования залежей должно играть решающую роль. Необходимо определять время формирования ловушек и время миграции флюидов, учитывать последствия возможного раскрытия ловушек, а также опираться при оценке их продуктивности на принцип дифференциального улавливания. Однако практика показывает, что даже при тщательном анализе всех этих условий движение к открытию не всегда ускоряется. И здесь напрашивается вывод, что совершенно не решена проблема трассирования разветвляющихся путей миграции флюидов, одни из которых проходили через ловушки, а другие обходили их.

С усложнением задач поисковых работ усложняются и задачи изучения условий формирования залежей. Познание механизма этого процесса совершенно необходимо для ускорения процесса открытий крупных месторождений. И вновь следует подчеркнуть, что достижение этой цели во многом зависит от методологического подхода. Наиболее же обоснованным представляется такой подход, при котором последовательному изучению подлежат два взаимосвязанных вопроса — о принципиальной возможности формирования в данном регионе крупных месторождений и об условиях образования либо крупных нефтяных, либо крупных газовых месторождений.

При выявлении принципиальной возможности формирования крупных месторождений следует прежде всего исходить из того, что наиболее благоприятные условия для образования месторождений такого плана складываются в областях перикратонного опускания и краевых впадин платформ, в передовых прогибах и в областях фронтального погружения геосинклинальных сооружений. В пределах таких геотектонических элементов прежде всего должны быть изучены следующие зоны наиболее вероятного формирования крупных скоплений УВ: зоны развития крупных положительных структур в обширных платформенных областях или синеклизах или же зоны развития крупных отрицательных элементов (с положительными структурами второго порядка) в сравнительно небольших бассейнах; периферийные участки бассейнов при очень большой мощности осадков (более 6—7 км) или же средние части бассейнов при мощностях, не превышающих 4—5 км; центральные и

бортовые части грабенів и авлакогенов; как наиболее глубокие зоны, так и пологие платформенные борта предгорных прогибов; зоны больших градиентов мощности, а в их пределах — в первую очередь ловушки, более погруженные; не все, а главным образом один наиболее продуктивный нефтегазоносный комплекс (доминант); положительные структурные элементы, уходящие своими ответвлениями в отдаленные области генерации УВ; узлы напряжений (зоны сочленения, области развития разломов и сдвиговых деформаций); области с высокими значениями тепловых потоков; области развития мощных водоносных комплексов.

Эффективность поиска крупных нефтяных либо газовых месторождений во многом зависит также от правильного подхода к выявлению тех конкретных предпосылок, которые определяют условия их образования. Как показал опыт многолетних исследований, при постановке такой задачи усилия, как правило, направляются на оценку слишком широкого комплекса условий, наличие которых считается предпочтительным для формирования именно крупных месторождений. Однако внимательный анализ показывает, что лишь немногие из этих условий действительно важны для концентрации больших объемов УВ. Поэтому в районах возможного развития крупных месторождений следует выявлять именно решающие факторы. Так, необходимо проанализировать зоны, где развиты не раскрывавшиеся в течение геологического прошлого крупные поднятия; зоны, в пределах которых процессы газообразования не довели над процессами нефтеобразования; участки водонапорных систем с минимальными значениями потенциалов; зоны одновременного развития активных очагов генерации нефти, пластов-коллекторов и ловушек. Эти факторы обеспечивают необходимую для образования крупных нефтяных месторождений высокую скорость их формирования при коротких путях миграции. При поисках крупных газовых месторождений следует определить районы максимального накопления в геологическом прошлом газонасыщенных вод, а в пределах их распространения — зоны со сменой отрицательных движений положительными, что создает условия для формирования мощного потока газообразных флюидов, выделившихся из подземных вод при снижении пластовых давлений и устремившихся в ловушки. В районах с глубоким залеганием фундамента, где разрез сформирован палеозойскими отложениями, для образования крупных газовых залежей обязательно наличие эвапоритовых покровов.

Таким образом, опираясь на данные методологические рекомендации, можно заметно усилить обоснования выво-

дов о наличии факторов, благоприятных для формирования залежей нефти и газа.

Одной из кардинальных проблем формирования залежей по-прежнему остается выяснение механизма миграции УВ.

Особенно много неясного в отношении миграции нефти. Предположение о миграции ее в виде капель не подтверждается. В пластовой воде растворенных нефтяных УВ очень мало. Не ясно, как и при каких условиях они из нее выделяются. Коэффициенты растворимости нефти в воде разного состава и минерализации не изучены. Совершенно не известны и коэффициенты сорбции УВ, особенно нефти, разными породами в разнообразных природных средах. Все это еще предстоит понять и объяснить.

Формирование газовых залежей из растворенных в воде газов и механизм миграции газов изучены лучше, но и они ждут более глубокой проработки. В частности, следует отметить следующее. Поскольку газоносность недр устанавливается по генерации метана, к которой привязывается общий баланс газа, необходимо усилить изучение процессов миграции метана.

Чрезвычайно важно также глубже проникнуть в суть горизонтальной миграции УВ. О ней обычно судят по данным качественного анализа состава нефтей в промышленных скоплениях и по общей зональности УВ в крупных регионах. Однако нельзя забывать и о количественной оценке миграционных явлений, которая сделает более конкретным прогноз нефтеносности новых площадей.

Еще одна крупная проблема — прогноз фазового состояния УВ в недрах. Дать однозначный прогноз исключительно сложно, так как приходится учитывать влияние многочисленных факторов. И здесь надо шире и увереннее использовать математические методы и ЭВМ. Они обеспечат более глубокую корректировку связей между геологическими факторами и размещением скоплений УВ разного фазового состояния, а также нахождение главных показателей, обуславливающих их концептрацию.

На современном этапе развития нефтегазовой геологии исследователи прибегают к экспериментальному моделированию процессов нефтегазогенерирования. Однако они не имеют унифицированной методики. Воспроизведение природных условий часто оказывается некорректным. Видимо, точнее отражают реальность те эксперименты, в которых для оценки масштаба нефтегазообразования по стадиям катагенеза в качестве исходного материала используются природные образцы, соответствующие каждой стадии в отдель-

ности. Такой способ, по существу, есть комбинация природного и лабораторного моделирования.

Среди требующих решения вопросов есть и такие, которые порождены научно-техническим прогрессом в геологии. Технические достижения в сочетании с углублением теории вызвали пересмотр многих объектов, которые стали рассматриваться как вполне реальные источники увеличения ресурсов нефти и газа. Это справедливо прежде всего в отношении оценки перспектив нефтегазоносности больших глубин. Такая оценка должна базироваться на детальном изучении тех факторов, которые способствуют созданию условий, благоприятных для формирования промышленных скоплений УВ. Главное здесь — выяснение возможности существования в глубоководных зонах пород-коллекторов. Следовательно, нужно усилить методики выявления зон повышенной пористости и проницаемости пород на больших глубинах.

Проявление в последние годы пристального интереса к ряду нетрадиционных геологических объектов выдвигает на передний план задачу выяснения условий формирования в них залежей нефти и газа. Речь идет прежде всего о более глубоком изучении вулканогенно-осадочных, так называемых «промежуточных», и подтрапповых комплексов, которые можно рассматривать в качестве реальных источников увеличения ресурсов нефти и газа, а также об исследовании механизма формирования таких не совсем обычных залежей, как гидродинамические, торцевые и пр. Другими типами нетрадиционных залежей могут быть такие, которые связаны с явной литологической изменчивостью нефтегазовых пластов. Поиск этих или подобных им залежей требует применения специальной методики, изучения капиллярных свойств пород и гидродинамических силовых полей. Актуальна и проблема выделения комплекса условий, благоприятных для образования промышленных скоплений нефти в отложениях типа баженовской свиты.

Особое место среди рассматриваемых проблем должны занять вопросы тектоники плит. В свете этой концепции должны быть изучены районы развития протяженных горизонтальных надвигов, сложенных кристаллическими породами, под которыми могут быть вскрыты осадочные толщи большой мощности. Примеры открытий под такими надвигами залежей УВ за рубежом уже известны. Но известно также, что пока только в некоторых из множества скважин, прошедших кристаллические породы и вошедших в осадочную толщу, были получены промышленные притоки углево-

дорогов. В большинстве же скважин обнаружены лишь признаки нефти и газа. Это дает основание считать, что подобные поднадвиговые объекты в будущем могут привлечь внимание исследователей в плане изучения специфических условий формирования в них залежей УВ.

По-прежнему актуальной остается проблема оценки возможности формирования в карбонатных толщах скоплений углеводородов, особенно крупных. При выявлении и прогнозировании зон потенциально высокосмких карбонатных коллекторов наряду с общеизвестными методами может быть применен и палеобиологический анализ. Выяснению условий формирования карбонатных коллекторов могут способствовать палеогидрохимические реконструкции.

Необходимым компонентом выяснения условий формирования в палеоплане зон генерации УВ в зависимости от истории геологического развития конкретного геоструктурного элемента должна стать разработка новых методов определения палеотемператур нефтегазоматеринских отложений.

И наконец, необходимо отметить, что углубление знаний о формировании залежей нефти и газа прямо зависит от использования достижений науки и техники, в частности космогеологии и изотопии. Космогеология уже дает такой материал, обработка которого может во много раз ускорить поиск закономерностей формирования залежей нефти и газа на региональном этапе изучения территории. Кроме того, надо иметь в виду, что на космоснимках отображается не статическая структура земной коры, запечатленная в ландшафте, а новейшая динамика тектонических движений, что очень важно при выявлении залежей, особенно газовых. Необходим следовательно, геодинамический подход к дешифрированию снимков.

Изотопные исследования целесообразно ориентировать на уточнение знаний об источниках генерации УВ и условиях их миграции. Определение изотопного состава углерода метана свободных и попутных газов, органического вещества, растворенного в подземных водах, определение истинных концентраций водорастворенного сероводорода чрезвычайно важны для выяснения геохимического режима недр, генезиса УВ и формирования подземных вод крупных нефтегазопосных бассейнов. Более широкое использование данных об углеводородном и изотопном составе залежей позволяет также судить о направлении и дальности миграции флюидов при их формировании.

Итак, подчеркнем еще раз: дальнейшее развитие теории и методологии изучения процессов формирования залежей необходимо во имя выявления наиболее перспективных нефтегазоносных зон и обеспечения растущих потребностей народного хозяйства.

О МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ОСНОВАХ РАЗВИТИЯ ТЕОРИИ ПРОИСХОЖДЕНИЯ НЕФТИ И ГАЗА

Н. А. ЕРЕМЕНКО, д-р геол.-мин. наук

Попытка предложить какой-либо новый методологический подход к проблеме происхождения нефти и газа должна, естественно, учитывать общие итоги научной разработки данной проблемы. Но литература, посвященная генезису нефти, столь обширна, что даже самое краткое ее обозрение невозможно в рамках небольшой статьи. Поэтому критические замечания по поводу тех или иных концепций делаются здесь лишь попутно, для пояснения развиваемых ниже соображений.

Один из родоначальников методологии как науки Ф. Бэкон утверждал, что к истинному знанию ведет лишь истинный метод. Это утверждение не может вызвать сомнения. Но как именно найти этот *истинный метод* и бесспорно доказать его истинность? Исходя из общих философских соображений для поиска такого метода может быть предложен структурно-системный подход к решению проблемы. Первый пункт правил системного научного подхода, предложенного Р. Декартом еще в XVII ст., гласит, что в основу научных логических построений может быть положена аксиома или постулат, не вызывающие никаких сомнений. В качестве такого постулата, по нашему мнению, может быть взята широко распространенная идея о неразрывной связи нефти и газа с осадочной толщей как частью земной коры, с условиями ее накопления, литогенеза и разрушения. Эта идея высказывалась неоднократно многими исследователями, но вероятно наиболее четко обоснована в трудах И. М. Губкина, И. О. Брода и Н. Г. Вассоевича.

Осадочные бассейны, как сложно построенные развивающиеся системы, изучаются целым комплексом наук. В такой сложной системе желательно выделить подсистему или частную систему, непосредственно связанную с нефтью и газом, особенности и развитие которой можно проследить на фоне общего развития системы. В связи с этим рассмот-

рим следующую (частную) систему: минеральная масса (М) — органическое вещество (ОВ) — вода (В). Каждый член частной системы М — ОВ — В изменяется во времени в соответствии с развитием системы в целом, возникают новые ее модификации (подсистемы), включая М — УВ — В. Наиболее полно и последовательно развитие системы М — ОВ — В может быть понято в свете представлений о циклах нефтегазообразования.

Под циклом нефтегазообразования (ЦНО) понимается весь процесс возникновения и существования нефти и природного газа вплоть до разрушения залежей нефти и газа. Стадии (этапы, фазы) цикла нефтегазообразования изучаются методами различных наук, с использованием несопоставимых критериев и параметров. Так, начальные стадии преобразования ОВ рассматриваются с позиций органической химии, первичная миграция — с позиций физической химии и механики (уплотнение), первичная аккумуляция обычно вообще не рассматривается, вторичная миграция и аккумуляция изучаются методами гравитационной дифференциации и гидродинамики, сохранение и разрушение залежей — методами химии и динамической геологии. Вынужденное разнообразие методов исследования затрудняет выработку единого подхода к ЦНО в целом, хотя такой подход совершенно необходим.

В последние десятилетия в различные науки — естествознание, физику, химию, экономику и даже социологию — широко и успешно внедряется энерго-энтропический метод исследований¹. Данный подход позволяет оценивать общее развитие и направленность самых различных процессов, устанавливать их взаимосвязь с сопряженными процессами и получать достаточно полное, последовательное представление о структуре рассматриваемых систем.

Сущность ЦНО — преобразование вещества в системе М — ОВ — В, неизбежно сопровождаемое изменениями уровня энергии и энтропии системы. Следовательно, аналитический подход означает прежде всего рассмотрение состояния вещества на разных стадиях процесса, выявление возможных источников энергии, управляющих превращением вещества, исследование энерго-энтропийных изменений в каждом процессе, а затем количественных и качественных изменений энерго-энтропийного состояния системы. Можно предположить, что в системе имеют место следующие состояния ОВ и продуктов его превращения: агрегаты ОВ и за-

¹ См.: Алексеев Г. Н. Энерго-энтропика. — М., 1983.

тем кероген в пустотах, ОВ, сорбированное на поверхности минералов, а затем продукты преобразования ОВ на керогене, ОВ, растворенное в воде, в виде отдельных капель (нефти), пузырьков (газа) и скоплений нефти и газа.

Перечисленные компоненты ОВ и их превращения в цикле изучены недостаточно и неравномерно. В последние десятилетия, благодаря трудам И. И. Аммосова, Н. Б. Вассоевича, С. Г. Неручева, Б. Тиссо и Д. Вельде, разработана шкала катагенеза ОВ. Наиболее детально изучены только некоторые компоненты ОВ в породе (витринит, битумоиды), в то время как остальные компоненты остаются в тени. Французская школа изучения ОВ пород основное внимание уделяет керогену. Необходима, следовательно, обобщающая работа, в которой рассматривались бы все формы ОВ в породе, их химический состав, физико-химические свойства и производилась бы оценка величины свободной (химической) энергии.

Существенный недостаток схемы катагенеза — односторонний «тепловой» подход к превращению ОВ, т. е. предполагается, что это превращение происходит исключительно под влиянием температуры. Создается температурная шкала катагенеза, которая зачастую используется (но не всегда удачно) как палеотермометр. Отсюда проистекают жесткие температурные ограничения главной фазы (или зоны) нефтегазообразования. Постулированное ранее влияние исходного химического состава ОВ, фаций, катализаторов и других факторов полностью предается забвению. Поэтому целесообразно рассмотреть вопрос о том, для какой формы ОВ и на какие именно процессы требуется затрата энергии в рассматриваемой системе. В самом общем виде можно считать, что энергия расходуется на следующие процессы: преодоление энергии активации — энергетического порога; на самопроизвольные реакции, протекающие в ОВ; на увеличение скорости реакций (увеличение кинетической энергии молекул); разрыв сорбционных связей; разрушение структуры породы (если ОВ заключено в структуре породы); разрыв молекулярных связей в образующихся органических молекулах; синтез УВ; первичную миграцию, первичную аккумуляцию и вторичную миграцию; образование и разрушение залежей нефти и газа.

Широко распространенное представление о залежах нефти и газа как о захороненной солнечной энергии, по-видимому, не совсем точно. Свободная (химическая) энергия нефти, рассчитанная на грамм-молекулу, во много раз превосходит соответствующую энергию ОВ. Исходя из принци-

на диссипации солнечной энергии в Земной коре, трудно объяснить образование нефти из ОВ без затрат дополнительной энергии. Выход из этого затруднения в свое время был предложен А. Ф. Добрянским², по мнению которого на фоне общего падения энергии и роста ее энтропии внутри системы происходит перераспределение энергии: с одной стороны, накапливается некоторое количество высокоэнергетически насыщенных соединений типа углеводородов, а с другой — образуется большая масса веществ с низким уровнем свободной энергии — H_2O , CO_2 и высококонденсированные соединения углерода, в пределе — графит. Однако приложить эту схему непосредственно к ЦНО не удается, если учесть по крайней мере два обстоятельства: характер накопления исходного ОВ и специфику (скорость) протекания самопроизвольных реакций. Действительно, в соответствии с наиболее распространенными взглядами продукты преобразования ОВ содержатся в (нефтематеринской) породе в рассеянном состоянии. Для удаления их из этих пород (первичная миграция), соединения в начальные скопления нефти и газа (первичная аккумуляция), перемещения в ловушки (вторичная миграция) и образования, наконец, промышленных скоплений требуется произвести дополнительную работу. Для производства такой работы необходимы *дополнительные источники энергии*.

Скорость термодинамически разрешенных самопроизвольных реакций превращения ОВ очень мала. Согласно А. Э. Конторовичу³ и И. В. Высоцкому⁴, продолжительность реакций составляет миллиарды лет. В качестве акселератора процесса должна выступать дополнительная внешняя энергия. Значит, энергетический потенциал залежей нефти и газа помимо солнечной энергии составляют и *другие источники энергии*.

Не отрицая роли эндогенного тепла как источника энергии (и, может быть, даже основного), отметим, что в литосфере протекает множество экзотермических процессов, энергия которых может пойти на превращения (включая перемещения) ОВ и его дериватов. Протекание этих процессов обеспечивается как внутренними, так и внешними по отношению к системе энергетическими факторами⁵:

² См.: Добрянский А. Ф. Геохимия нефти.— Л.— М., 1948.

³ См.: Конторович А. Э. Геохимические методы количественного прогноза нефтегазонасности.— М., 1976.

⁴ См.: Высоцкий И. В. Скорость и продолжительность формирования залежей нефти.— В кн.: Время формирования залежей нефти и газа. М., 1976, с. 283—290.

⁵ См.: Еременко П. А. Возможные изменения энергии в цикле нефтегазообразования.— Геол. нефти и газа, 1983, № 3.

Внутренние факторы

1. Микробиологические процессы (-)
2. Свободная (химическая) энергия ОВ (+?)
3. Радиоактивность вмещающих отложений (+)
4. Уплотнение пород (глинистых — уменьшение пористости) (+)
5. Кристаллизация и перекристаллизация (карбонаты, монтмориллонит и, возможно, др.) (+)
6. Другие экзотермические реакции в процессе литогенеза (?)
7. Упругая энергия пород и флюидов (?)

Внешние факторы

1. Гравитационное поле Земли (+?)
2. Тепловое поле Земли (+?)
3. Магнитное поле Земли (?)
3. Тектонические процессы — возмущение «покоя» земной коры — активизация различных источников энергии, в том числе:
 - а) градиент P (?)
 - б) градиент t (?)
 - в) геодинамическое уплотнение (и разуплотнение) (+)
 - г) сейсмичность (+)
5. Вторичные (наведенные) электрические поля (-/-?)
6. Гидродинамические процессы (-)
7. Космические излучения (?)
8. Радиоактивность (?)

Отметим, что здесь в скобках отражена возможность образования свободных радикалов, принцип же иерархии факторов не соблюден: как одноуровневые рассматриваются крупные, планетарные, даже космические, явления и обусловленные ими вторичные, относительно мелкомасштабные, процессы. Многие внутренние источники энергии генетически обусловлены внешними факторами. Безусловно, можно утверждать, что все эти виды энергии своим происхождением обязаны солнечной и планетарной энергиям, а те, в свою очередь, — космической энергии.

В нашу задачу не входило создание иерархической схемы источников энергии в Земной коре, хотя это и вполне выполнимо. Рассматривается непосредственное влияние различных источников энергии на выбранную систему М — ОВ — В. Если же говорить о естественных силовых полях Земли, то представляет интерес не их опосредствованное, а именно непосредственное влияние на систему и протекающие в ней процессы.

Каждый из названных источников энергии в отдельности более или менее изучен, правда, иногда безотносительно к интересующей нас проблеме развития ЦНО. Отметим один любопытный факт. Из всех энергетических полей Земли применительно к ЦНО исследовалось в основном только тепловое поле. Гравитационное поле отчасти фигурировало при обсуждении вопросов формирования (дифференциации УВ) залежей УВ, хотя его влияние можно предполагать и на других этапах ЦНО. Воздействие других

энергетических полей Земли в ЦНО стало привлекать внимание ученых лишь в самые последние годы. И тут нельзя не отметить заслуги прежде всего сибирских ученых — А. А. Трофимука, Н. В. Черского, В. П. Царева, Т. И. Сороко. Благодаря их работам геодинамическое уплотнение и сейсмичность могут рассматриваться как источники энергии, оказывающие влияние на различные процессы в течение всего ЦНО. На очереди изучение роли в ЦНО магнитного и электрического полей, и работы в этом направлении уже начаты. Принципиально важна установленная возможность образования УВ из ОВ при низких температурах (20—40°C), т. е. без существенного воздействия теплового поля Земли. Во всяком случае, достаточно убедительно показана реальность непосредственной трансформации низкопотенциальной механической энергии в высокопотенциальную химическую⁶. Не исключено, что при этом существенное значение приобретают радикальные реакции⁷.

Наиболее дискуссионными моментами в органической теории происхождения нефти считаются первичная миграция и сопряженная с ней первичная аккумуляция УВ. Критическое рассмотрение различных форм первичной миграции произведено многими специалистами, и в частности Г. П. Сверчковым и К. П. Ивановой⁸. Можно согласиться с ними в том, что ни одна из упомянутых «форм первичной миграции» не может считаться универсальной и не в состоянии объяснить во многих регионах наблюдаемые закономерности в размещении залежей УВ, состава нефтей и т. д.»⁹

Вместе с тем следует учесть, что большинство подобных критических замечаний вызваны реакцией на явления, характерные для термобарических и физико-химических условий, наблюдаемых на глубинах до 4—5 км. На боль-

⁶ См.: Галимов Э. М. О новой химической модели процесса нефтеобразования. — В кн.: Природа органического вещества современных и ископаемых осадков. М., 1973; Трофимук А. А., Черский Н. В., Царев В. П., Сороко Т. И. Новые данные по экспериментальному изучению преобразования ископаемого органического вещества с использованием механических полей. — Докл. АН СССР, 1981, т. 257, № 1.

⁷ См.: Максимов С. П., Еременко Н. А. и др. Закономерности изменения состава попутных газов по стратиграфическому разрезу. — Геол. нефти и газа, 1959, № 1; Галимов Э. М. О новой химической модели...

⁸ См.: Происхождение и прогнозирование скоплений газа, нефти и битумов/М. Д. Блонни, И. С. Гольдберг, А. Е. Гуревич и др.; Под ред. В. Д. Паливкина. — Л., 1983.

⁹ Там же, с. 118.

ших глубинах в более жестких термобарических условиях процессы, протекающие в системе М—ОВ—В, существенно изменяются.

Далее неизбежно возникает вопрос о времени образования УВ. В случае образования жидких УВ на поздних стадиях литогенеза термokatалитическим путем в жестких термобарических условиях (при t 150—160°C и $P > 100$ кг/см²) наиболее вероятна первичная миграция в растворенном (в воде и газе) состоянии. Последующее высаливание и образование струй УВ происходит при изменении термобарической обстановки. Однако, как было сказано выше, образование УВ из ОВ под действием энергии различного рода (включая внутреннюю энергию самого ОВ) может происходить и на ранних стадиях литогенеза. На возможность образования УВ на ранних стадиях литогенеза неоднократно указывал В. В. Вебер. Д. Хант¹⁰ считает, что минимум 9% разведанных запасов образовалось в зоне ПК. По-видимому, наиболее верна ранее высказанная идея (И. О. Брод и Н. А. Еременко¹¹) о том, что процесс образования УВ из ОВ является длительным, начинается еще в осадке и продолжается до тех пор, пока не будут исчерпаны все возможности исходного ОВ. Но в этом случае вопрос о первичной миграции и аккумуляции приобретает особую остроту.

В настоящее время широкое распространение, как наиболее обоснованная, получила идея о формировании залежей нефти и газа за счет струйной (латеральной или вертикальной) миграции. Перенос массы вещества при струйной миграции подчиняется законам механики. В то же время предполагается, что преобразование ОВ в породы происходит на молекулярном уровне и подчиняется законам молекулярной физики или физической химии. Но где и как происходит этот качественный скачок с молекулярного уровня на уровень массы?

В последние годы не раз высказывалось мнение о возможности активной эмиграции жидкой нефти из нефтематеринских пород. При такой форме миграции первичная аккумуляция может осуществляться уже в пределах нефтематеринской свиты. Главное возражение, выдвигаемое против такой формы миграции,— это указание на отсут-

¹⁰ См.: Hunt J. M. Petroleum Geochemistry and Geology.— S. I., 1979.

¹¹ См.: Брод И. О., Еременко Н. А. Основы геологии нефти и газа: Краткий курс.— М., 1950.

ствие в природе нефтематеринских свит (хотя бы и предполагаемых) с большим содержанием остаточной нефти.

Пожалуй, наиболее удачно механизм активной эмиграции нефти в свободном состоянии описан Г. П. Сверчковым и К. П. Ивановой: «Если этот механизм маловероятен применительно к основной массе карбонатных и глинистых пород, характеризующейся невысоким содержанием ОБ, то в обогащенных РОВ битуминозных глинистых и карбонатно-глинистых отложениях, где концентрация битумоидов достигает десятых долей процента и даже первых единиц, такая возможность существует»¹². Однако приводимые ими значения концентрации битумоидов (десятые доли и даже единицы процентов) не соответствуют требованиям теорий фазовой проницаемости, протекания¹³, остаточной нефтенасыщенности и т. д. Кроме того, такой механизм обуславливает наличие в НГБ специфичных высокобитуминозных толщ (типа бажениита). Присутствие таких свит в разрезе некоторых НГБ довольно сомнительно, но даже ими объяснить особенности распространения известных скоплений УВ довольно трудно. И все же предлагаемая этими авторами схема, очевидно, приложима к породам со значительно более низким содержанием ОБ и битумоидов.

Как в рассматриваемой схеме, так и во всех других схемах, основанных на постулате об образовании УВ в нефтематеринских толщах, в явной или неявной форме заложено представление о равномерном распределении исходного ОБ в толще и столь же равномерном его преобразовании под действием теплового потока.

Однако более вероятен механизм первичной аккумуляции, предусматривающий неравномерное распространение процессов превращения ОБ в толще пород и неравномерное распределение продуктов этого превращения. Нетрудно показать, что существует неравномерное воздействие на материнскую свиту таких источников энергии, как горное и поровое давление, уплотнение, температура, темп седиментации и эрозионных срезов и т. д. Вследствие неравномерного распространения ОБ в породе и разнородного воздействия на него различных видов энергии нефтематеринские свиты в процессе всего литогенеза находятся в крайне напряженном энергетическом состоянии. Такая система стремится к состоянию динамического равновесия. Это равновесие достигается как перераспределением энергии внут-

¹² Происхождение и прогнозирование..., с. 120.

¹³ См.: Эфрос А. Л. Физика и геометрия беспорядка.— М., 1982.

ри системы (материнской толщи), так и передатей ее (вместе с флюидами) в соседние пласты с меньшим уровнем энергии. Этот процесс неизбежно сопровождается упругими, пластичными и разрывными (гидроразрыв) деформациями пород.

В каждом ограниченном объеме — зоне пласта, содержащем ОВ в системе порода — ОВ — вода, — происходит перераспределение энергии под действием и внутренних и внешних источников энергии. Образовавшиеся энергонасыщенные соединения, скорее всего по законам пленочной миграции, начинают перемещаться в сторону участков пластов с меньшей энергией или в соседствующие коллекторы. Происходит возрастание объема вещества (за счет внешней энергии), и это вызывает появление, перемещение и наложение друг на друга все новых и новых молекулярных пленок. По мере увеличения количества слоев их молекулярные связи с породой и исходной массой ОВ ослабевают, и они сливаются в массу вещества. Следствия данного явления можно наблюдать под микроскопом. В каждой такой микроне происходит рост давления (и температуры), что приводит к раздвиганию массы породы по ослабленным зонам с образованием микротрещин¹⁴. При ослаблении процесса или под действием внешних факторов может происходить замыкание образовавшихся микротрещин и выжимание из них уже возникшей массы вещества и воды. Процесс во времени и пространстве идет неравномерно.

Таким образом, степень превращенности ОВ в различных частях одной и той же толщи пород, особенно гетерогенной, может оказаться различной. Применение модели Шкловского в этом случае неоправданно, так как здесь нет бесконечного кластера и наблюдается определенная неравномерность процессов, прежде всего по наслоению. Неравномерность первичной аккумуляции вызывает спорадическое распространение в породе первичных скоплений (струй) массы УВ, уже подчиняющихся законам механики. Только по отдельным каналам достигается насыщение, необходимое для непрерывного (струйного) перемещения вещества. В среднем насыщение породы может оказаться весьма низким.

Вся современная теория поисково-разведочных работ базируется на представлении о дифференциации флюидов

¹⁴ См.: Клубова Т. Т. О текстурных особенностях глинистых пород, определяющих их роль в образовании и сохранении залежей нефти и газа. — В кн.: Проблемы геологии нефти, вып. 5. М., 1975, с. 106—111.

в гравитационном поле Земли и всплывании (миграции) УВ в пластах, заполненных водой. Такая теория может быть названа гравитационной теорией формирования залежей УВ. Однако это несколько упрощенное представление нуждается в существенных коррективах. В настоящее время уже ни у кого не вызывает сомнения роль гидродинамических сил в миграции и формировании (сохранении и разрушении) залежей УВ. Хотя потенциалы пластовых флюидов, так же как и Архимедова сила, в основе имеют один и тот же энергетический источник — гравитационное поле Земли, вызываемая ими миграция УВ в некоторых случаях может иметь противоположные направления. Во многих районах установлено широкое развитие АВПД. Из всех причин, могущих вызвать АВПД, в настоящее время безоговорочно принимаются по крайней мере две: горное давление¹⁵ и температура¹⁶. Первая — это проявление гравитационного, а вторая — теплового полей Земли. Вероятно, здесь действуют другие факторы — тангенциальные напряжения, сейсмические и магнитные поля Земли, химические реакции и т. д., вызывающие АВПД, но их влияние пока мало изучено.

Совершенно очевидно, что имеется несколько источников энергии, вызывающих миграцию УВ в земной коре. Соответственно условия формирования залежей УВ должны рассматриваться с учетом этих источников энергии и направлений движения флюидов, вызываемых ими. С позиций гравитационной теории формирования залежей УВ, даже в пределах изученной части разреза осадочной толщи, некоторые явления не могут быть объяснены и, значит, не могут быть предсказаны. Следовательно, необходим пересмотр давно устоявшихся основ поисково-разведочного процесса.

С увеличением глубины залегания залежей УВ обстановка еще более усложняется. В системе М — ОВ — В происходят весьма существенные изменения. И здесь наибольший интерес представляют изменения свойств пород как коллекторов и покрышек. При погружении на большие глубины часть пород приобретает пластичность и улучшает свойства «покрышек», другие, наоборот, разуплотняются и приобретают свойства коллекторов. Вследствие высокого внутрипорового давления некоторые породы остаются педо-

¹⁵ См.: Marapa H. Уплотнение пород и миграция флюидов.— М., 1982.

¹⁶ См.: Barker C., Horscussion B. Mechanical Versus Thermal Cause of Abnormally High Pore Pressures in Shales' Discussion.— AAPG Bull., 1982, v. 66, N 1.

уплотненными. Такие породы на небольших глубинах могут выполнять роль покрышек. На больших глубинах из-за снижения капиллярного давления на границе фаз при росте температуры породы становятся проницаемыми и приобретают свойства коллекторов. Бывшие коллекторы вследствие вторичной минерализации могут оказаться совершенно непроницаемыми и выполнять роль покрышек. Вообще, понятия коллектор и покрышка в диагенезе становятся весьма условными. Поведение пород и изменения их коллекторских свойств в этих условиях можно предсказывать только на основе тщательного анализа процессов литогенеза.

В отношении УВ—В важно знать условия их взаимной растворимости. При температуре порядка 280—350°C их взаимная растворимость становится неограниченной, образуется водонефтяной раствор. Неограниченная взаимная растворимость — признак нахождения флюидов в надкритическом или близком к нему состоянии. В этом состоянии система флюидов становится однородной, исчезает поверхностное натяжение, несмотря на наличие разности концентрации прекращается диффузия, появляются значительные флуктуации плотности и состава, резко уменьшается фазовая проницаемость и т. д. Та часть среднего члена системы (УВ), которая находилась в жидком, газообразном или сорбированном состоянии, по мере приближения к критической зоне температур перейдет в водонефтяной раствор. Оставшаяся твердая часть ОВ, оказавшись в условиях автоклава, будет претерпевать быстрые превращения, пока не останется реакционно стабильная часть, близкая по составу к углероду. Границы распространения такой системы флюидов будут определяться исключительно емкостью и термодинамической обстановкой, а направление миграции — наличием ее путей и энергией системы.

По мнению Г. Г. Вахитова и его соавторов (1980), на больших глубинах образуется четырехкомпонентный газовый раствор, состоящий из летучего УВ-компонента, малолетучего компонента, воды и газа. Не вдаваясь в дискуссию, отметим, что и для такого раствора характерно отсутствие фаз и гравитационного разделения. Это дает основание для отрицания основных положений гравитационной теории формирования залежей УВ и основанных на ней поисковых признаков. УВ отнюдь не будут стремиться двигаться по восстанию пластов к сводам антиклинальных складок. Отсутствие фаз и поверхностного натяжения делает бессмысленным понятие о гидравлических ловушках. Отсут-

ствие капиллярного давления превратит некоторые покрышки в коллекторы. Вместе с исчезновением одних поисковых признаков усиливаются или появляются новые. Главным признаком становится состояние и энергия системы, и существенную роль при этом могут, видимо, играть значения ее плотности, электропроводности, скорости прохождения сейсмических волн и др.

Итак, энергетические факторы по отношению к выбранной системе ($M - OВ - B$) подразделяются на внутренние и внешние. Говоря о первых, можно отметить относительно хорошую изученность только микробиологических процессов. Влияние остальных факторов на рассматриваемую систему практически не изучалось, хотя некоторые из них обладают большими ресурсами энергии, а другие могут оказывать существенное влияние на механизм различных реакций.

Говоря о внешних факторах, отметим, что достаточно детально изучено лишь влияние теплового потока, а при формировании залежей исследовались гравитационные, тектонические и гидродинамические источники энергии. Вызывает удивление, что из множества полей Земли наибольшее внимание уделялось лишь влиянию теплового потока. Для научной разработки теории происхождения нефти важно выяснить роль каждого источника энергии и затем определить их суммарное воздействие на систему.

Сравнивая между собой две выделенные группы источников энергии, внутренним источникам следует отдать предпочтение на первых, а внешним на последних этапах ЦНО. При этом все источники энергии сложно взаимодействуют между собой и непосредственно или опосредованно в той или иной степени могут действовать на всех этапах ЦНО.

Оценка степени изменения энергии и энтропии системы в ЦНО еще далека от совершенства. Предварительное рассмотрение этого вопроса, однако, позволяет считать, что несмотря на обязательное пополнение энергии системы за счет внешних источников, общая энтропия системы растет, хотя при этом удельный уровень энергии отдельных компонентов среднего члена системы (в залежи) оказывается выше удельной энергии исходного ОВ. Все это происходит на фоне крайне неуравновешенного энергетического состояния всей системы (осадочной толщи) в целом.

Таким образом, необходимо детальное изучение состояний каждого члена системы $M - OВ - B$ в процессе литогенеза и воздействия на него различного вида энергий.

В условиях земной коры все источники энергии сложно взаимодействуют между собой, обуславливая и контролируя друг друга и в сумме определяя направленность процессов образования УВ и формирования (и разрушения) их залежей. В методологическом плане именно изучение суммарного воздействия различных энергетических полей на систему должно рассматриваться как одно из основных направлений развития теории происхождения нефти и газа и всего цикла НГО в целом. Весьма вероятно, что все это осуществимо лишь посредством энерго-энтропического метода исследований.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ ТЕОРИИ МИНЕРАЛЬНОГО СИНТЕЗА НЕФТИ И ГАЗА В УСЛОВИЯХ АСТЕНОСФЕРЫ МАНТИИ ЗЕМЛИ

Г. Н. ДОЛЕНКО, акад. АН УССР

В исторической летописи развития материальной культуры человечества выделяются каменный, бронзовый и железный века. Однако вполне можно говорить и о веке нефти. В самом деле, за сто с небольшим лет произошло своего рода революция в разведке, добыче и использовании нефти. В 1870 г. мировая добыча нефти составляла всего 0,8 млн. т, а в 1980 — 2900 млн. т. На XVII сессии Международного геологического конгресса (Москва, 1937) крупнейший знаток геологии нефтяных месторождений И. М. Губкин отметил, что за 1859—1937 гг. из недр добыто 3,8 млрд. т; мировые извлекаемые (подготовленные) запасы, по его данным, составляли 7 млрд. т. На XXVII сессии Международного конгресса (Москва, 1984) заявлено, что на начало 1980 г. в мире добыто уже 60,7 млрд. т, а извлекаемые запасы составляют 109 млрд. т.

Мировая добыча природного газа возросла с 179 млрд. м³ в 1950 г. до 1,6 трлн. м³ в 1980 г. За тридцатилетие суммарная добыча его составила 27,1 трлн. м³, а мировые извлекаемые запасы оценивались в 78 трлн. м³.

Одновременно с развитием нефтяной и газовой промышленности прогрессировала и наука о происхождении нефти и газа. Геологические науки обогатились новыми знаниями о законах эволюционного развития Земли и закономерностях образования месторождений полезных ископаемых. По-новому могут быть осмыслены и эндогенные процессы, происходящие в мантии Земли, процессы минерального синтеза нефти и газа в условиях астеносферы.

До недавнего времени (по существу, до 60-х годов нашего столетия) идеи о минеральном (неорганическом) происхождении нефти и газа основывались главным образом на научной интуиции. Однако за последние два десятилетия в геологической науке утвердились концепция тектоники литосферных плит, новое учение о развитии геосинклинальных областей и расширении континентов, созданы термодинамические, геохимические и геодинамические модели Земли, развиты представления о разломной тектонике, о рифтогенезе древних и молодых платформ, оформились в самостоятельные научные направления гидрогеохимия, термобарогеохимия, космохимия и др. Практика геологоразведочных работ обогатилась большим числом фактов о нефтегазоносности глубинных зон нефтегазоносных провинций, об условиях образования месторождений нефти и газа, о геологическом строении и условиях нефтегазоносности платформенных, геосинклинальных и шельфовых областей и пр.

С учетом последних достижений геологической науки и практики может быть углублена разработанная ранее в Институте геологии и геохимии горючих ископаемых АН СССР теория минерального синтеза нефти и газа в условиях астеносферы мантии Земли¹. Эта теория, как нам представляется, отражает совокупность знаний о природе нефти и газа, обобщает результаты экспериментальных исследований. Она отражает также взаимообусловленность процессов генерации нефти и газа, их миграции и аккумуляции в залежах, закономерности формирования нефтегазоносных провинций и нефтяных и газовых месторождений в них. Происхождение нефти и газа и нефтегазонакопление в земной коре рассматриваются как единый природный процесс, в котором в результате накопления количественных изменений совершается скачкообразный переход к новому качеству.

Ясно, что этот процесс имел вполне определенные пространственные и временные границы, ибо, как подчеркивал Ф. Энгельс, «основные формы всякого бытия суть пространство и время; бытие вне времени есть такая же величайшая бессмыслица, как бытие вне пространства»². Астеносферные очаги генерации нефти и газа, как показывают геофизические измерения, располагались в пределах

¹ См.: Происхождение нефти и природного газа: Современное состояние вопроса.— М., 1947.

² Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд., т. 20, с. 51.

предгорных прогибов и внутригорных впадин геосинклинальных областей, в зонах сочленения платформенных склонов и геосинклиналей и в пределах рифтогенных прогибов древних и молодых платформ. Время генерации нефти и газа, их миграции и образования нефтяных и газовых месторождений — заключительные орогенные этапы геотектонического развития геосинклинальных областей и рифтогенных прогибов, когда тектонические напряжения, генерируемые процессами астеносферы мантии, достигали максимального значения. В ходе исторического развития идей о минеральном происхождении нефти накопилось множество сведений о компонентах вещества мантии Земли, необходимых для синтеза нефти и газа.

В настоящее время все исследователи сходятся на том, что астеносфера является поставщиком вещества земной коры, гидросферы и атмосферы, а также мощным генератором энергии тектонических и геохимических процессов.

А. П. Виноградов — на основании теоретических и экспериментальных исследований — обосновал теорию формирования земной коры, согласно которой последняя является продуктом выплавления и дегазации вещества мантии в процессах, аналогичных зонной плавке, т. е. продуктом постепенного выплавления из вещества мантии относительно легких компонентов³.

А. А. Кадик, Е. В. Лебедев, Н. И. Хитаров⁴, обобщая данные экспериментов, показали, что важнейшей стороной магнезиообразования в земной коре и мантии является накопление летучих компонентов H_2O , CO_2 , CO , H_2 , CH_4 , H_2S и др. и их последующее выделение в окружающую геологическую среду во время движения флюидов из мантии к поверхности Земли. Стремление магм к термодинамической устойчивости в гравитационном поле Земли приводит к дифференциации расплавов с накоплением в верхних частях магматических расплавов воды и других летучих компонентов.

Согласно представлениям о дегазации мантии Земли и образовании океанов при массе океанической воды, равной $1,4 \cdot 10^{23}$, и массе пород земной коры $24 \cdot 10^{24}$ г, концентрация воды в основных магмах должна быть близка 5,8%.

И. А. Островский, касаясь термодинамики минеральных

³ См.: Виноградов А. П. Происхождение оболочек Земли. — Изв. АН СССР, Сер. геол., 1962. № 11, с. 13—17.

⁴ См.: Кадик А. А., Лебедев Е. В., Хитаров М. Н. Вода в магматических расплавах. — М., 1971.

равновесий в глубинах Земли, показал, что вода (флюид) стабильна во всех зонах мантии и способна служить агентом переноса руд с больших глубин. Метан, по его расчетам,—второй, после воды, по стабильности летучий компонент мантии⁵.

А. А. Маракушев установил, что для кристаллизации мантийных алмазов магмы должны быть обогащены углеродом метана. Реакции образования алмазов, в его представлении, происходят по схеме: $2\text{CO} + \text{CH}_4 = 3\text{C}$ (алмаз) + $2\text{H}_2\text{O}$ и $\text{CO}_2 + \text{CH}_4 = 2\text{C}$ (алмаз) + $2\text{H}_2\text{O}$. В ранних кристаллах алмазов среди микровключений СО доминирует над CO_2 , и в более поздних его обычно нет, а преобладают CO_2 и H_2O ⁶.

В реакциях между летучими компонентами, карбидами и гидридами, выяснили А. А. Маракушев и Л. Л. Перчун⁷, образуются первичные водородные и углеродные флюиды (CH_4 , C_2H_6 и др.). С увеличением температуры они стремятся разложиться на газы более простого состава H_2 , CO , но давление оказывает обратное действие, способствующее дальнейшему образованию углеводородов во флюидах (CH_4 , C_2H_6 , C_3H_8 , C_4H_{10} и др.). При подъеме магматических расплавов в верхние горизонты земной коры углеводороды становятся стабильными в низкотемпературных условиях вследствие умеренного и низкого давления. Режимом высоких давлений эти исследователи объясняют сохранность углеводородных соединений во включениях, входящих в состав минералов углистых метеоритов (хондритов), содержание углеводородов в которых достигает 5%.

С точки зрения Н. П. Семененко⁸, внутреннее ядро Земли сложено гидридами и карбидами железа. Во внешнем ядре осуществляется их распад с выделением водорода и углерода. Вследствие конвективных потоков нижней мантии в астеносфере накапливаются летучие компоненты (H_2 , H_2O , CO_2 , CH_4 и др.), которые, проникая в локальные зоны через верхнюю мантию, сложенную силикатами магния и железа, обуславливают выплавление и образование

⁵ См.: Островский Н. А. Термодинамика минеральных равновесий в глубинах Земли.— В кн.: Проблемы петрологии, минералогии и рудогенеза. М., 1983, с. 171—188.

⁶ См.: Маракушев А. А. Происхождение алмазов.— Природа, 1982, № 2, с. 46—55.

⁷ Маракушев А. А., Перчун Л. Л. Термодинамическая модель флюидного режима.— В кн.: Очерки физико-химической петрологии. М., 1974, с. 92—104.

⁸ См.: Семененко Н. П. Континентальная кора.— Киев, 1975.

мантийных флюидов, устремляющихся потоками в земную кору.

По мнению Н. И. Хитарова⁹, разуплотнение мантии снизу вверх ведет к возникновению узких ослабленных в тектоническом отношении зон, по которым мантийные флюиды переносятся из глубинных очагов мантии к поверхности земной коры. Неоднородность астеносферы проявляется в преобладании в литосфере вертикальных движений по сравнению с горизонтальными перемещениями.

Согласно Е. В. Артюшкову и О. Г. Сорохтину¹⁰, дифференциация вещества нижней мантии по плотности обуславливает всплывание в астеносферу и верхнюю мантию легких и опускание тяжелых элементов. Конвективным перемещением недр Земли обусловлены все геодинамические явления ее эволюции, в том числе передвижение литосферных плит и геотектонические процессы развития геосинклинальных областей.

В соответствии с концепцией тектоники литосферных плит на границах между плитами концентрировалась почти вся тектоническая, сейсмическая и вулканическая активность Земли. Растяжение плит происходило в рифтовых зонах срединно-океанических хребтов и компенсировалось сжатием и поддвигом океанических плит под континентальные в так называемых зонах Бенюфа. Растяжение плит было вызвано воздействием восходящей ветви конвективных течений вещества мантии, а сжатие — нисходящей. Возникновение и развитие геосинклиналей имело место на границах литосферных плит при их столкновении. Внутренние зоны геосинклиналей (эвгеосинклинали) развивались в пределах континентальных склонов и их подножия, т. е. на океанической (симатической) коре, а внешние (миогеосинклинали) — в пределах шельфов континентальной (спалической) коры. Вследствие этого в эвгеосинклиналях широко распространены офиолитовые комплексы, сложенные ультраосновными породами и глубоководными кремнистыми образованиями. Для миогеосинклиналей характерно накопление и развитие флишевых и молассовых формаций.

⁹ См.: Хитаров Н. И. Физико-химические особенности глубинных процессов и вопросы глобальной тектоники. — М., 1976.

¹⁰ См.: Артюшков Е. В. Дифференциация по плотности вещества Земли и связанные с ней явления. — Изв. АН СССР. Физика Земли, 1970, № 6, с. 112—119; Сорохтин О. Г. Плотностная конвекция в мантии Земли и возможная природа тектонических циклов. — Изв. АН СССР. Физика Земли, 1974, № 5, с. 184—195.

Замыкание развития геосинклиналей осуществлялось на инверсионных (орогенных) стадиях геотектонических циклов, когда тектонические напряжения, генерируемые процессами астеносферы мантии, были наибольшими. Этот процесс протекал, когда океаническая кора, поддвигавшаяся под континентальную, достигала астеносферы мантии и активизировала в ней разного рода процессы, в том числе геохимические и тектонические. В ходе геохимических процессов, с нашей точки зрения¹¹, происходил также синтез нефти и газа. Генерация нефти совершалась скорее всего при взаимодействии летучих компонентов CO_2 и H_2O в присутствии восстановителя FeO по схеме: $2\text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O} + 14\text{FeO} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_6 + 7\text{Fe}_2\text{O}_3$, а также, возможно, при взаимодействии карбидов металлов с водой по схеме: $\text{C}_n\text{Me}_x + m\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_n\text{H}_{2m} + \text{Me}_x\text{O}_m$. Последующие химические преобразования формировали сложный компонентный состав природной нефти: $(\text{C}_n\text{H}_{2n+2}; \text{C}_n\text{H}_{2n}; \text{C}_n\text{H}_{2n-2}; \text{C}_n\text{H}_{2n-6}$ и гетерогенные компоненты). Образование газа происходило при взаимодействии окиси углерода с водородом и двуокиси углерода с водородом по схеме: $\text{CO} + 3\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$; $\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ и, возможно, непосредственно углерода с водородом $\text{C} + 2\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4$.

Термодинамическими расчетами Э. Б. Чекалюка¹² показано, что при синтезе нефтяных углеводородов в астеносфере мантии по мере увеличения с глубиной температуры и давления содержание в нефти высокомолекулярных углеводородов возрастает: максимум метана генерируется на глубинах от 100 до 200 км от ее поверхности, алканов — на глубинах 120—170 км, нафенов — 150—230 км и ароматических соединений — до 260 км.

По мнению И. В. Гринберга¹³, синтез углеводородов нефти в условиях астеносферы мантии мог быть вызван преобразованием молекул CO_2 и H_2O — при определенном перепаде давления — в систему промежуточных углеродсодержащих радикалов: CH , CH_2 и CH_3 , превращение которых при высоких температурах и давлениях приводит к

¹¹ См.: Доленко Г. Н. Происхождение нефти и газа и формирование их месторождений в системе тектоники литосферных плит. — В кн.: Происхождение и миграция нефти и газа. Киев, 1978, с. 32—38.

¹² См.: Чекалюк Э. Б. Термодинамические основы теории миперального происхождения нефти. — Киев, 1974.

¹³ См.: Гринберг И. В. Геохимические и физико-химические основы глубинного синтеза углеводородов. — В кн.: Происхождение нефти и газа и формирование их промышленных залежей. Киев, 1974, с. 52—69.

образованию различных карбоновых систем — от предельно насыщенных водородом (метан, этан и т. д.) до полностью лишенных водорода (графито-сажистые образования).

Одновременно с геохимическими процессами синтеза нефти и газа в астеносфере под воздействием геодинамических напряжений зарождались и развивались к поверхности земной коры глубинные разломы, служившие проводящими каналами для нефти и газа. Образование нефтегазоносных провинций и нефтяных и газовых месторождений в их пределах происходило в наиболее подвижных геотектонических элементах земной коры — предгорных прогибах и межгорных впадинах геосинклинальных областей, на платформенных склонах, примыкающих к геосинклиналям, и внутриплатформенных рифтогенных прогибах. Процесс синтеза нефтяных углеводородов и миграции их по глубинным разломам к поверхности земной коры, а также формирование нефтегазоносных провинций и нефтяных и газовых месторождений в благоприятных литолого-фациальных и структурно-тектонических условиях представлял собой единое генетическое целое. Все это происходило на орогенном этапе развития геосинклинальных областей и рифтогенных прогибов платформ. Эпохи эндогенного нефтегазообразования и нефтегазонакопления соответствуют герцинскому, киммерийскому и альпийскому циклам тектогенеза. В древние рифейский и каледонский геотектонические циклы нефтегазообразование либо не происходило, либо было весьма ограниченным, так как в геосинклинальных областях не формировались предгорные прогибы и внутригорные впадины, а на платформах не образовывались крупные рифтогенные прогибы.

Формирование известных меганефтеносных провинций (Урало-Волжской, Североморской, Северо-Африканской, Западно-Канадской, Маракайбской) происходило в два, а Западно-Сибирской, Персидской, Мексиканской — в три геотектонических цикла. Такие провинции, по аналогии с рудоносными, можно называть полициклическими. В них за несколько геотектонических циклов шло накопление однотипных нефтей и газов, подобно тому как в полициклических рудоносных провинциях происходило образование и накопление одних и тех же металлов. Характерно, что в таких нефтегазоносных провинциях обычно образуются значительные месторождения нефти и газа, а в металлоносных — уникальные рудные месторождения. Как те, так и другие образуются преимущественно в узлах пере-

сечения глубинных разломов при наличии в осадочном чехле гигантских структур с большой мощностью коллектирующих пород.

Наблюдается также закономерное расположение в геосинклинальных областях рудоносных и нефтегазоносных поясов. Например, в рудоносных поясах западных частей Южной и Северной Америки металлогенические провинции вытянуты параллельно континентальным окраинам, от которых в глубь континента с запада на восток последовательно располагаются железорудные, меднорудные, полиметаллические месторождения, а восточнее их — оловянные и молибденовые. Еще далее на восток в предгорных прогибах и на платформенных склонах, примыкающих к геосинклиналям, располагается нефтегазоносный пояс, включающий Маракайбскую провинцию предгорного прогиба Анд, западную часть Мексиканского залива, западную внутреннюю провинцию Мидконтинента (Северная Америка), провинцию Альберта в Западной Канаде и нефтегазоносную провинцию Северной Аляски. Другой трансконтинентальный нефтегазоносный пояс, включающий 10 нефтегазоносных провинций, протягивается от Северной Африки через Ближний и Средний Восток в азиатскую часть СССР.

В этих двух нефтегазоносных поясах заключено около 85% мировых ресурсов нефти.

Можно также говорить о трансконтинентальном нефтегазоносном поясе Западная Сибирь — Восточный Каспий — Средний Восток, связанном с Урало-Оманским линеamentом, а также о нефтегазоносном поясе, включающем нефтегазоносные провинции Северного моря, Рейнского грабена, Лигурийского моря и западной части Африки, приуроченном к линеamentу Осло — Рона — Западная Африка. Эти геотектонические элементы фиксируются с помощью спутниковых геофизических измерений. Выявленная закономерность расположения рудоносных и нефтегазоносных поясов относительно друг друга объясняется последовательным внедрением в астеносферу подкоровых магм и эндогенных флюидов различного состава на разных этапах тектономагматического развития геосинклинальных областей.

Анализ данных глубинного сейсмического зондирования на профилях геосинклиналь — платформа показывает, что геотектонические элементы земной коры, в пределах которых образовались нефтегазоносные провинции, характеризуются погружением поверхности верхней мантии и возды-

маншем поверхности астеносферы. При этом в верхней мантии выделяется несколько поверхностей. Мохо — скорее всего за счет накопления летучих компонентов. Приподнятое положение поверхности астеносферы, по нашему мнению, обусловлено разуплотнением ее вещества вследствие генерации нефтяных углеводородов.

Эти очаги образования нефти и газа отображаются также в гравиметрических и геотермических полях как области пониженной плотности и повышенной температуры астеносферного слоя мантии.

Целый ряд явлений природы может быть объяснен не иначе как с позиций признания эндогенных процессов синтеза нефтяных углеводородов в нефтегазообразовании. Прежде всего обращает на себя внимание чрезвычайно неравномерное нефтегазонакопление в осадочных бассейнах земного шара: в восьми из 160 нефтегазоносных провинций мира заключено свыше 80% мировых запасов нефти и газа.

Только в одной Персидской нефтегазоносной провинции содержится около половины мировых запасов нефти, причем 27% их приходится на Кувейт, территория которого составляет всего 0,4% площади Ближнего и Среднего Востока. В США 60% выявленных запасов нефти сосредоточено на 259 месторождениях, составляющих 2% от общего их числа. В пяти газовых месторождениях из 3182, разведанных в США, содержится 42% всех запасов газа.

В целом 88% мировых запасов нефти (без СССР) заключено в 70 месторождениях-гигантах из более чем 30 тысяч разведанных. В 24 месторождениях-гигантах из 15 тысяч выявленных сосредоточено 70% мировых запасов газа. В шести газовых месторождениях-супергигантах заключено 40% мировых запасов газа.

Отметим также, что в Восточно-Венесуэльском битуминозном поясе содержится, по данным Р. Неринга, $636 \cdot 10^9$ м³ тяжелой нефти и твердых битумов, а на Западно-Канадском месторождении битуминозных песков Атабаска — $418 \cdot 10^9$ м³ тяжелой нефти. Общие мировые разведанные запасы нефти, как указывалось, составляют на 1.01.84 всего $109 \cdot 10^9$ т, а мировые запасы газа — $78 \cdot 10^{12}$ м³.

Значительное количество водорастворенных газов, главным образом метана, содержится также в породах литосферы.

По данным Л. М. Зоркина, Е. В. Стадника, В. К. Сонникова, в породах осадочной оболочки земной коры рассеяно около $2,8 \cdot 10^{16}$ м³, а в подземных водах осадочных бассейнов мира — $2 \cdot 10^{16}$ м³ газа. По подсчетам Л. М. Зоркина и А. А. Дадашева, из грязевых вулканов Азербайджана только за четвертичный период в атмосферу рассеялось около 250—300 трлн. м³ газа.

Гидрогеологические исследования подземных вод нефтяных и газовых месторождений показывают наличие среди них (особенно на месторождениях-гигантах) пресных и слабоминерализованных вод, для которых характерны высокое содержание гидрокарбонатов щелочных металлов, повышенное содержание сульфатов, кремнезема, ртути и органических веществ. Высоким содержанием изотопа кислорода ($\delta^{18}\text{O} = -9,3 \text{ — } -12,9\text{‰}$) они резко отличаются от седиментационных вод ($\delta^{18}\text{O} = -5,0 \text{ — } -60\text{‰}$). Месторождения нефти и газа, содержащие слабоминерализованные воды, характеризуются аномально высокими пластовыми давлениями (АВПД), в 1,5—2 раза превышающими нормальные гидростатические.

Количество залежей газа и нефти с АВПД, расположенных на глубинах свыше 4 км, значительно превышает количество таких залежей на глубинах до 4 км. Залежи с АВПД, как правило, расположены вблизи глубинных разломов. К крупным разломам, разграничивающим поднятия и впадины фундамента осадочного чехла, в большинстве случаев приурочены нефтяные и газовые месторождения-гиганты. Так, в Мексиканской нефтегазодонной провинции около 80 месторождений-гигантов располагается в зонах глубинных разломов и на прилегающих к ним участках рифтогенных прогибов. Плотность извлекаемых запасов на этих участках составляет 70—100 тыс. т/км² при средней плотности запасов региона 15—25 тыс. т/км².

Сверхглубоким бурением выявляется значительное количество залежей нефти на глубинах более 4 км, т. е. ниже зоны проявления «главной фазы нефтеобразования». В Южно-Каспийской впадине на глубинах свыше 4,5 км нефтяные залежи выявлены на месторождениях Зыря, Сангачала, Булла и Карабаглы. На Северном Кавказе, в Терско-Сунженской зоне, на Андреевской площади, с глубины 5800 м (верхнемеловые отложения) получен промышленный приток нефти. В этой же зоне, на глубинах до 5368 м, нефтяные залежи выявлены на месторождениях Гудермес, Правобережное, Северо-Малгобек-

ское, Минеральное, Октябрьское и др. В Западно-Кубанском прогибе, на месторождениях Левкинском и Северском, нефтяные залежи расположены на глубинах около 5400 м. В Днепровско-Донецкой впадине, на Карайкозовской площади, нефть получена с глубины 5189 м.

Сверхглубокая скважина, пробуренная в дельте р. Миссисипи на глубину 6885 м, дала приток нефти 64 т/сут при температуре на забое 180°C. На месторождении Лавиля в Луизиане нефть обнаружена на глубине 5570 м, а на месторождении Кайлоу — Айленд — на глубине 6593 м и газ — на глубине 6663,5 м. В Калифорнии, в провинциях Вентура и Сан-Хоакин, залежи нефти в эоценовых и миоценовых отложениях выявлены на глубинах более 4500 м. Глубинные залежи нефти и газа выявляются в большинстве случаев в пределах эксплуатируемых месторождений, что говорит о концентрации залежей по вертикальному разрезу месторождений.

Характерно и то, что все нефти земного шара по своим свойствам однотипны: все они содержат 83—87% углерода, 12—14% водорода, близки и соотношения в них стабильных изотопов: $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ — от 91 до 94, H/D — от 3895 до 4436, $^{32}\text{S}/^{34}\text{S}$ — от 22 до 25,5, $^{14}\text{N}/^{16}\text{N}$ — от 273 до 277. Физико-химические свойства их изменяются в зависимости не от возраста вмещающих пород, а от глубины залегания: с ее увеличением уменьшаются их удельный вес и вязкость, понижается температура воспламенения, в их групповом составе увеличивается содержание парафиновых и нафтеновых и уменьшается количество ароматических углеводородов. С увеличением глубины залегания нефти становятся более стерильными, оптическая активность постепенно уменьшается, а затем исчезает, в них обнаруживаются микроэлементы, нехарактерные (как по составу, так и по уровню концентрации) для вмещающих пород. В нефтях наблюдается постоянное присутствие элементов группы железа и отмечается парагенез минералов, характерный для изверженных пород ультраосновного состава. В нефтях часто встречаются значительные количества V, Re, Hg, As, Sb, Bi, превышающие кларковые концентрации в любых типах осадочных пород.

Кроме отмеченных фактов можно привести примеры из термобарогеохимии, космохимии, вулканологии, подтверждающие теорию эндогенного синтеза нефтяных углеводородов. Объективная реальность данного процесса позволяет на современном этапе развития геологии и геохимии нефти и газа перейти от идеи о минеральном (неорганическом)

происхождения нефти и газа к теории минерального синтеза нефти и газа в условиях астеносферы мантии Земли. Эта теория может служить надежной основой геолого-поисковых и геолого-разведочных работ на нефть и газ. Противоречия же во взглядах на происхождение нефти и газа можно считать мощным стимулом к проведению дополнительных исследований и постановке новых экспериментов, которые в конце концов дадут ответы на все спорные вопросы.

ОСНОВЫ ДОЛГОСРОЧНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ГЕОЛОГО-РАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ НА НЕФТЬ И ГАЗ

Н. А. КРЫЛОВ, д-р геол.-мин. наук

Известно, что запасы нефти и газа конечны. Потому стратегию их геолого-разведочного процесса можно представить как принцип преобразования структуры начальных потенциальных ресурсов, когда растет доля разведанных и уменьшается доля неразведанных ресурсов.

Количественная оценка неразведанных ресурсов несравненно менее точна, чем оценка запасов промышленных категорий. Начальные потенциальные ресурсы лишь условно считаются постоянной величиной, оценки же их со временем меняются. Тем не менее понятие о конечности и постоянстве объема начальных потенциальных ресурсов могут стать отправным пунктом построения модели стратегии геолого-разведочного процесса.

В основу планирования геолого-разведочных работ на нефть и газ кладутся прогнозные представления о количестве неразведанных ресурсов, о их распределении по площади, разрезу, типам залежей, прогноз геолого-экономических характеристик неоткрытых ресурсов. Текущее же планирование поисково-разведочных работ базируется на наиболее достоверной информации о категориях неразведанных ресурсов: собственно разведочное бурение планируется на запасы категории C_2 , а поисковое бурение — на перспективные ресурсы категории C_3 . Это — ресурсы, локализованные, привязанные к конкретным площадям.

При долгосрочном — свыше 5 лет — планировании геолого-разведочных работ приходится иметь дело со всем объемом неразведанных ресурсов, в первую очередь — с их наименее изученной частью, т. е. прогнозными ресурсами категории D_1 и D_2 , в тех крупных районах, где могут

быть открыты многие месторождения, и не привязанными к конкретным поисковым площадям. В этих условиях планирование размещения объемов геолого-поисковых (включая геофизические) работ и глубокого поисково-разведочного бурения ведется по крупным районам и детализируется при текущем планировании. Отсутствие информации о том, какие именно месторождения будут открыты и затем разведаны, каковы, хотя бы приблизительно, их конкретные запасы и другие геолого-промысловые параметры, определяет принципиальное отличие долгосрочного планирования от текущего. Планирование на далекую перспективу имеет, по существу, характер прогноза. Исходя из величины прогнозных ресурсов района, их плотности, величины запасов уже открытых месторождений, закономерностей размещения скоплений нефти и газа в недрах района, можно дать прогноз результатов поиска и разведки скоплений углеводородов.

Одним из первых обратил внимание на специфику и возможные методические подходы к долгосрочному планированию А. А. Трофимук¹. Он еще в 1960 г. указал на то, что геолого-разведочные работы в крупном регионе проходят три стадии: стадию относительно низкой эффективности и поисков закономерностей и критериев для оптимизации поисков, стадию максимальной эффективности и стадию снижающейся эффективности. Позднее эти закономерности были выявлены и на ряде месторождений в нашей стране и за рубежом. С учетом всего этого в ИГиРГИ была разработана методика долгосрочного планирования геолого-разведочных работ, сущность которой излагается ниже.

Долгосрочное прогнозирование геолого-разведочных работ на нефть и газ подразумевает прогноз числа месторождений, которые будут открыты, распределение этих месторождений по величине запасов, прогноз коэффициента успешности разведки (доли промышленных месторождений в общем объеме опосредованных площадей), прогноз удельных объемов геолого-поисковых работ на подготовку площадей и, наконец, прогноз удельных приростов запасов промышленных категорий.

Известные месторождения характеризуются большой вариативностью извлекаемых запасов нефти и газа. Ранжирование месторождений по величине запасов и распределе-

¹ См.: Трофимук А. А. О подготовке и планировании прироста запасов нефти и газа.— Геол. нефти и газа, 1960, № 6, с. 5—12.

ние общих ресурсов обширной нефтегазоносной территории по месторождениям всегда представляли собой трудные задачи. И здесь следует сказать, что опыт, полученный в районах с высокой степенью разведанности, заставляет с осторожностью подходить к гипотезе о логарифмически нормальном распределении числа месторождений по величине запасов и ставить под сомнение положение о приуроченности большей части ресурсов к малому числу крупнейших месторождений.

В недавнем прошлом названная гипотеза считалась подтвержденной при анализе многих месторождений. Однако ни в одном из исследованных районов начальные потенциальные ресурсы не были разведаны полностью, а значит, не были открыты и все содержащиеся в недрах района месторождения. Поэтому изучалось распределение не всей совокупности месторождений, а некоторой выборки,носящей, как будет показано ниже, неслучайный характер. В связи с этим построения, иллюстрирующие логарифмически нормальный характер распределения месторождений по запасам, нельзя признать корректными. Так, А. Э. Конторович с соавторами², анализируя распределение месторождений в хорошо изученных бассейнах Северной Америки, пришли к выводу, что такое распределение имеет амодальный характер и что число месторождений с увеличением их запасов монотонно убывает.

Предпринятое нами изучение распределения открытых месторождений по интервалам запасов в Волго-Уральской провинции позволяет формально отнести его к логарифмически нормальному. Однако анализ динамики распределения выявил миграцию максимума числа месторождений влево — в область все более мелких месторождений (рис. 1). Учитывая последовательность открытия в этом регионе месторождений разного масштаба, можно предполагать открытие здесь в перспективе большого числа месторождений с незначительными запасами и дальнейшее смещение максимума влево. При полной разведанности ресурсов провинции характер распределения приблизится к амодальному, точнее, к амодальному, усеченному минимальным размером месторождений, которые будут учитываться.

Думается, что гипотеза об амодальности наиболее верно отражает истинную картину распределения месторождений в нефтегазопосных областях и бассейнах. Этой гипотезой

² См.: Прогноз месторождений нефти и газа/А. Э. Конторович и др.— 1981.

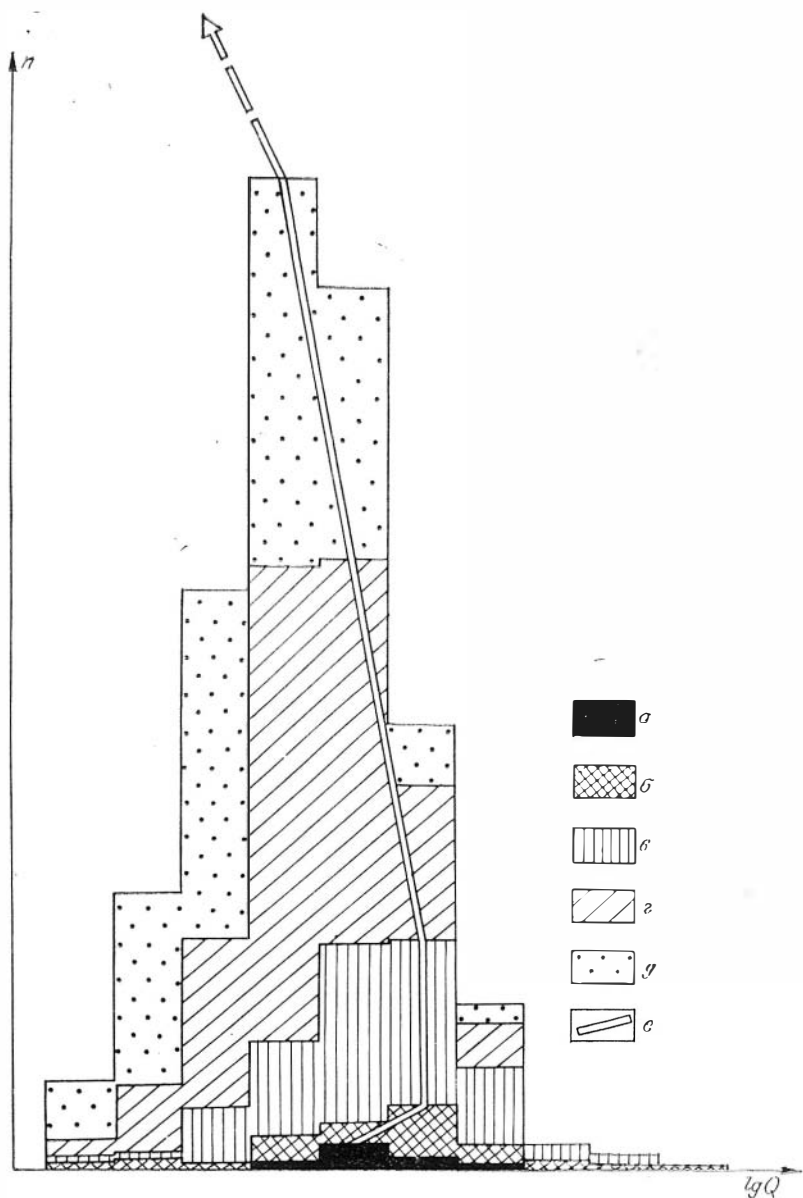


Рис. 1. Распределение числа месторождений (n) Волго-Уральской провинции по интервалам запасов (Q), по З. С. Юдиной.

Месторождения, открытые: a — до 1940 г.; $б$ — в 1941—1950 гг.; $в$ — в 1951—1960 гг.; $г$ — в 1961—1970 гг.; $д$ — в 1971—1980 гг.; e — линия миграции максимума числа месторождений.

обосновывается перспектива открытия большого числа месторождений газа, которые могут представить интерес в одних районах уже теперь, а в других — через несколько десятилетий.

Вывод о сосредоточении большей части ресурсов нефти и газа в единичных гигантских, крупнейших или крупных месторождениях также был сделан на материалах бассейнов с низкой степенью разведанности. Исследование распределения ресурсов в районах с высокой степенью разведанности как в СССР, так и за рубежом ныне позволяет отвергнуть мнение об универсальности этого положения.

Анализ результатов геолого-разведочных работ по многим районам мира показывает, что месторождения нефти и газа открываются в определенной последовательности. Крупные (для любого района) месторождения открываются преимущественно в начальный период геолого-разведочных работ, средние — в более поздний период и, наконец, мелкие — одновременно с крупными и средними и после того, как средние и тем более крупные месторождения все уже выявлены. Эта общая тенденция изменения запасов последовательно открываемых месторождений

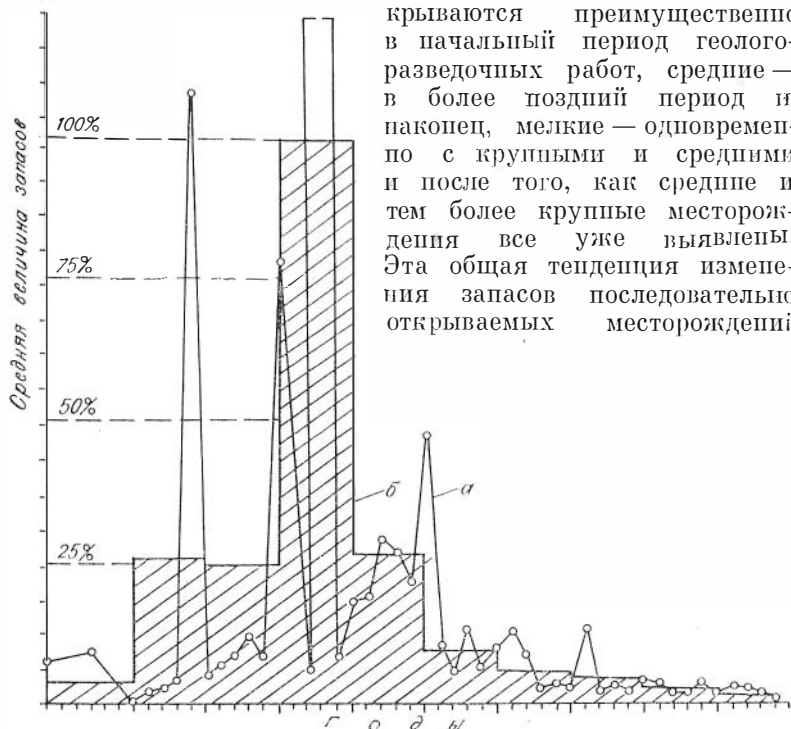


Рис. 2. Динамика среднего запаса вновь открываемых месторождений нефти по годам (а) и по пятилетним периодам (б) в одной из нефтеносных провинций.

на обширных нефтегазоносных территориях, с сотнями и тысячами месторождений, наиболее ярко выявляется при анализе динамики среднего запаса вновь открываемых месторождений (рис. 2).

Важным показателем рентабельности геолого-разведочного процесса является удельный прирост запасов, т. е. величина запасов, приходящихся на единицу объема работ (например, на 1 м проходки глубоких скважин).

Известно, что разведка крупных месторождений более эффективна, т. е. обеспечивает более высокий удельный прирост. Исследование этой зависимости на примере одного из крупных газоносных районов СССР показало, что она аппроксимируется функцией вида

$$y = -ax^2 + bx + c,$$

где y — конечный удельный прирост (или отношение общего объема запасов к объему разведочного бурения); x — величина запасов месторождения; a , b , c — некоторые постоянные величины. Практически характер зависимости таков: при разведке мелких месторождений эффективность прямо пропорциональна запасам месторождений газа; при разведке более крупных месторождений уменьшается и, наконец, при разведке месторождений-гигантов на эффективность работ влияет ряд факторов (тип коллектора и характер его изменчивости по площади, число продуктивных горизонтов и распределение запасов по этим горизонтам, глубина залегания). Зависимость эффективности работ от размера запаса разведываемых месторождений существует объективно. Однако количественная сторона этой зависимости может и должна быть подвергнута ревизии.

При выборе стратегии геолого-разведочного процесса в качестве критерия его эффективности целесообразно использовать степень разведанности начальных потенциальных ресурсов — отношение величины начальных запасов промышленных категорий к общей величине начальных потенциальных ресурсов, изменяющееся от 0 до 1 (или до 100%). Этот критерий используется при анализе динамики всех показателей геолого-разведочного процесса — среднего запаса вновь открываемых месторождений, коэффициента успешности разведки и др.

График зависимости удельных приростов от степени разведанности ресурсов, построенный по годовым значениям эффективности (с шагом в 1 г.), представляет собой сложную ломаную линию. Имеет смысл сглаживать график, что можно сделать любым способом, в том числе

построением кривой с большим временным шагом, например в 5 лет.

Связь между динамикой удельных приростов и степенью разведанности начальных потенциальных ресурсов была исследована на материалах практически всех нефте-

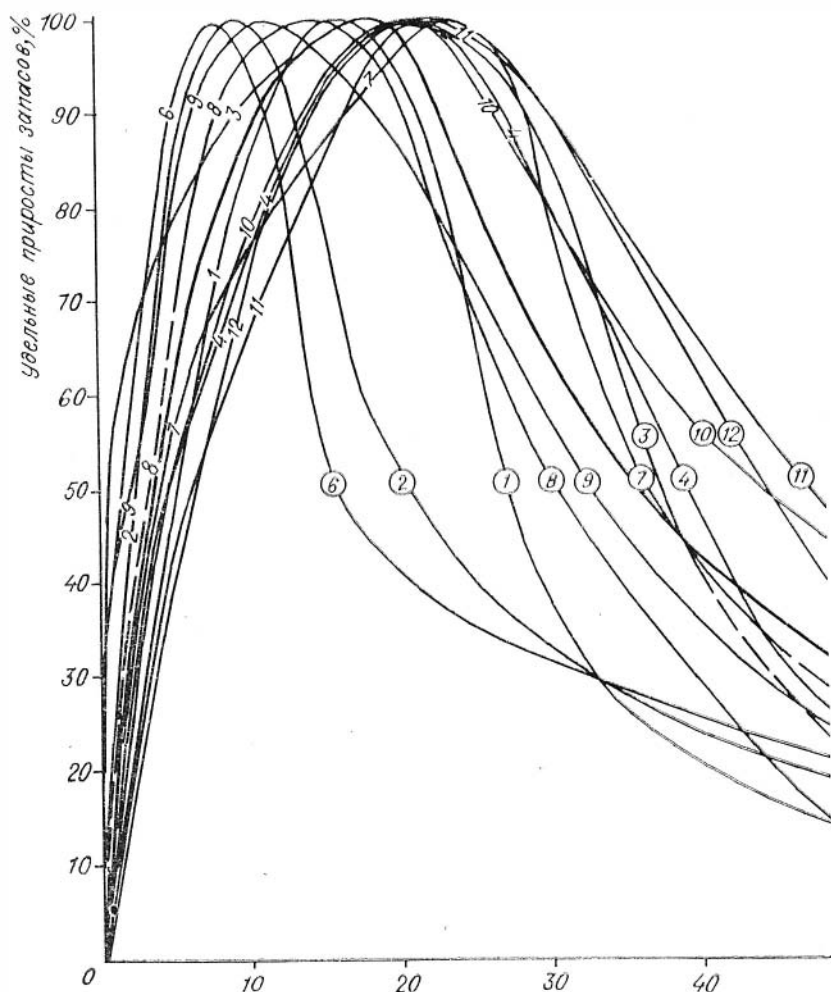


Рис. 3. Кривые зависимости удельных приростов запасов от степени разведанности ресурсов по ряду нефтеносных и газоносных районов СССР.

в газопоспых райопов СССР. Анализ выявил следующую типовую картину динамики удельных приростов. С открытием первых месторождений эффективность начинает быстро возрастать и достигает максимума чаще при освоении 15—25% начальных ресурсов; реже максимум значений удельных приростов соответствует степени разведанности ресурсов, меньшей 15 или большей 25%. Затем начинается снижение удельных приростов, которое после освоения 35—40% начальных потенциальных ресурсов всегда становится заметным. При освоении 50% ресурсов величины удельных приростов в среднем составляют 30% от максимума, колеблясь в отдельных районах от 12 до 45%. При дальнейшем увеличении степени разведанности ресурсов района удельные приросты продолжают снижаться. Для ряда районов с высокой степенью разведанности ресурсов установлено, что при 60% разведанности эффективность составляет 15—20% от усредненного максимума, при 70—10—15, при 80% — 6—7%. Естественно предположить, что при разведанности 100% ресурсов эффективность поисково-разведочного бурения будет равна 0³.

На рис. 3 приведена серия кривых: удельные приросты как функции от степени разведанности начальных потенциальных ресурсов в разных нефтегазоносных районах

СССР и приведенных к одному относительному масштабу через удельные приросты, выраженные в процентах от максимума, достигнутого в данном районе, определенно-го с временным шагом в 5 лет.



³ См.: Совершенствование методических основ планирования геологоразведочных работ на нефть и газ. Нефтяная промышленность. Обзорная информация ВНИПОЭНГ. Серия нефтегазовая геол. и геофиз.— М.; 1982, с. 49.

Приведенные кривые принципиально сходны. Все они аппроксимируются функцией вида

$$y = cxe^{-(ax^2+bx)},$$

где y — усредненная эффективность; x — степень разведанности потенциальных ресурсов; a , b и c — коэффициенты, зависящие от степени концентрации ресурсов района и других особенностей его нефтегазоносности.

Уровень эффективности, в том числе и абсолютное значение усредненного максимума удельных приростов, определяется степенью концентрации ресурсов в районе — величиной запасов месторождений.

Выявленная закономерность изменения эффективности в ходе освоения начальных потенциальных ресурсов является основой для корректного прогнозирования удельных приростов на перспективу. Однако существуют районы, где применение этого способа прогноза удельных приростов на перспективу осложнено иным характером графика рассматриваемой зависимости — появлением дополнительного или дополнительных максимумов. Это объясняется тем, что в таких районах поиски и разведка велись сначала на один стратиграфический комплекс, а потом с перерывом во времени они были начаты на другой, более древний, или были ориентированы сначала на какой-либо один тип месторождения, а затем на другой тип, требующий уже иной методики поиска и разведки или иных технических средств. Для прогнозирования приростов запасов в таких районах предложенная модель неприемлема. Возникает необходимость введения дополнительного понятия, ограничивающего трехмерное нефтегазоносное пространство таким образом, чтобы к нему могла быть применена функция $y = cxe^{-(ax^2+bx)}$.

Под направлением геолого-разведочных работ на нефть и газ в советской геологической литературе понимается выявление совокупностей однотипных месторождений (открытых и предполагаемых, сосредоточенных в одном нефтегазоносном этаже и в пределах одной тектонической зоны, включающей один или несколько смежных структурных элементов), которое осуществляется по единой методике.

Введение понятия о направлении работ необходимо прежде всего для математического моделирования поисково-

разведочного процесса с целью прогноза показателей геолого-разведочных работ на перспективу. Планирование геолого-разведочного процесса в масштабе, меньшем, чем масштаб направления, может оказаться некорректным и привести к крупным просчетам при долгосрочном планировании геолого-разведочных работ⁴.

Конечность ресурсов полезных ископаемых обуславливает неизбежность снижения удельных приростов при высокой разведанности. Вместе с тем и в этих условиях необходимо и возможно использовать достижения научно-технического прогресса для максимального повышения эффективности поисков и разведки. Обратим внимание на два принципиально разных пути повышения эффективности работ.

Первый путь — это научный прогноз новых направлений геолого-разведочных работ и освоение новых ресурсов, новых совокупностей месторождений. Это дало возможность в течение многих десятилетий поддерживать в нашей стране высокий уровень эффективности работ. Это был экстенсивный путь.

Второй путь — совершенствование методики геолого-разведочных работ. Прежде всего необходимо повышать эффективность поискового бурения, чтобы коэффициент рентабельности разведки стал близким к 1. Эта цель может быть достигнута при массовом внедрении прямых поисков как надежного прогноза нефтегазоносности ловушки до бурения, прежде всего по геофизическим данным. Вторая цель на этом пути, который можно назвать интенсивным, — снижение удельных затрат на собственно разведочное бурение. Необходим пересмотр зависимости конечной эффективности разведки месторождений от величины его запаса, описываемой уравнением $y = -ax^2 + bx + c$. Эта задача может быть решена сокращением числа разведочных скважин на средних и особенно мелких месторождениях и широким внедрением сейсмических методов на стадии разведки для окоптуривания залежей.

⁴ См.: Крылов П. А. О понятии «направление работ» при поисках нефтяных и газовых месторождений. — Геол. нефти и газа, 1982, № 11, с. 17—22.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ГЕОЛОГО-РАЗВЕДОЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Э. Б. МОВШОВИЧ, д-р геол.-мин. наук

Курс на интенсификацию науки и производства — генеральное направление развития нашего народного хозяйства. Применительно к геологической отрасли следование этим курсом означает усиление информационного обеспечения научной и производственной геологической деятельности. Действительно, промежуточные и конечные результаты геолого-разведочной деятельности выражены, как правило, в виде геологической информации (ГИ)¹.

Реализация геолого-разведочного процесса в целом (или на любой его стадии), независимо от применяемых методов и технических средств, в функциональном плане сводится к получению и (или) целенаправленному преобразованию фактографической ГИ. Поэтому геолого-разведочную деятельность можно представить как систему, характеризуемую определенными информационно-функциональными связями (рис. 1).

Геолого-разведочная деятельность, весьма наукоемкая и сложная в технологическом отношении, связанная со значительными затратами материально-технических ресурсов и применением новейших достижений науки и техники, невозможна без развитой сферы управления. В рамках последней, наряду с определенной частью геологической, широко используется разнообразная оперативная технико-экономическая информация: показатели динамики производства, материально-технических ресурсов и т. п. Связи между геологической и оперативной технико-экономической информацией, так же как и между различными сферами геолого-разведочной деятельности, рассмотрены в специальной работе². В настоящей же статье, посвященной методологическим вопросам организации геологического знания, геолого-разведочная деятельность понимается более узко — в

¹ Геологическая информация здесь и далее понимается в широком смысле — как информация, характеризующая геологическое строение и (или) освоение недр независимо от того, получена ли она чисто геологическими средствами или геофизическими, геохимическими, аэро- или космическими методами наблюдений.

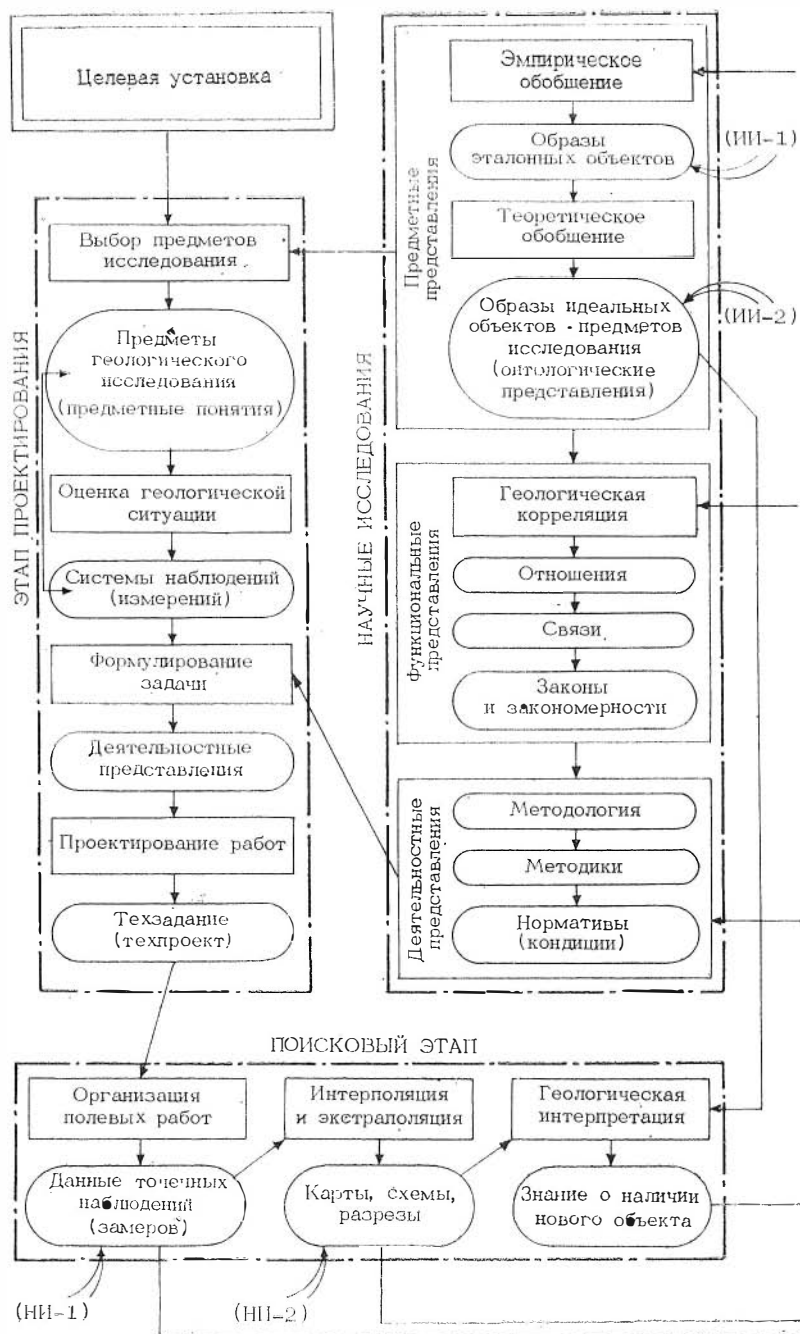
² См.: Мовшович Э. Б. Значение и функции геоинформатики в системе геолого-разведочной деятельности. — В кн.: Системно-геологические исследования литосферы. М., 1984 (Тр. МНХиГН им. И. М. Губкина, вып. 177).

собственно геологическом смысле, т. е. без управления ею.

Любая деятельность начинается не «с нуля», а на фундаменте предшествующего опыта — предметного, функционального и деятельностного. Первый из них зафиксирован в виде набора предметов исследования³ соответствующей (в данном случае — геологической) области знания. В арсенале геолога, в которой (как и в других областях знания) происходит интенсивный процесс дифференциации и специализации наук, имеется огромный, постоянно расширяющийся набор предметов исследования. Формы существования их — это, во-первых, понятия, призванные логически зафиксировать обособление отдельных предметов, зафиксировать их специфические признаки (на которых должно базироваться выделение объектов соответствующего типа), и, во-вторых, онтологические схемы. Последние представляют собой выраженные чаще всего графически или в виде формул образы идеальных объектов (репрезентирующих типы реальных объектов). Например, онтологическим представлением такого геологического предмета исследования, как антиклиналь, является в разрезе выпуклая вверх линия, моделирующая пласт, а в плане — несколько замкнутых вложенных линий, моделирующих изгиб поверхности этого пласта. Понятия и онтологические схемы, представляющие собой предельно абстрактную геологическую информацию (ИИ-2), тесно взаимосвязаны: и те и другие — продукты теоретического обобщения. Ему обычно предшествует эмпирическое геологическое обобщение, в результате которого формируются образы уже идеализированных (нереальных), но пока еще ориентированных на конкретную региональную среду объектов (например, образы типовых для данного района (региона) залежей, месторождений, дислокаций и т. д.). Такая *первичная* (ИИ-1) и *вторичная* (ИИ-2) *идеализированная* геологическая информация определяет стратегию всей геологической деятельности и в большой мере — достоверность геологических выводов.

В зависимости от целевой установки из предшествующего предметного опыта выбираются соответствующие предметы исследования. Их набор в разных случаях может быть существенно различным. Если цель определяется, например, как оценка ресурсов нефти и газа, то в качестве предметов будут выступать в первую очередь нефтегазопосные

³ Здесь и далее под «объектом» понимается часть геологической реальности (конкретные месторождения, залежь, дислокация слоев и т. п.) и под «предметом» — понятийная модель типа объекта (понятие о месторождении вообще, залежи вообще и т. п.).



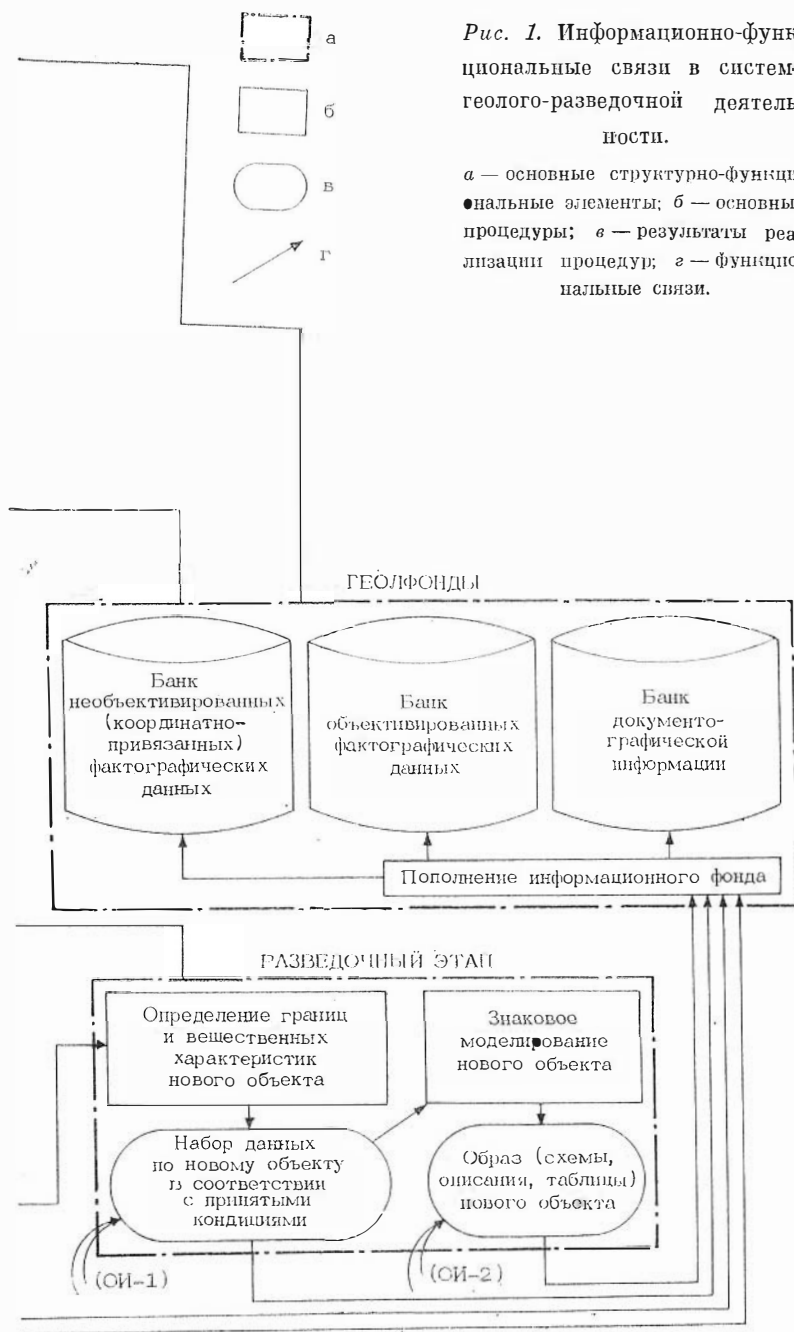


Рис. 1. Информационно-функциональные связи в системе геолого-разведочной деятельности.

(потенциально нефтегазоносные) бассейны или провинции, их структурно-тектонические элементы, литолого-стратиграфические (оценочные) комплексы, зоны нефтегазонакопления (выявленные и возможные). Если же целью является реализация сформированной поисковой концепции в конкретном районе, например поиски скоплений нефти и газа, приуроченных к погребенным рифам (барам, дельтам), то предметами исследования будут рифы, фации, ловушки, породы-коллекторы, залежи и др.

Выбор предмета исследования уже предопределяет набор характеризующих этот предмет и подлежащих регистрации параметров (основные параметры должны вытекать из содержания понятия). Это первый шаг на пути определения системы наблюдений. Задание такой системы требует еще и оценки геологической ситуации, поскольку регистрация значений одних и тех же геологических параметров может осуществляться разными методами и с разной эффективностью — в зависимости от глубины залегания, литологии, дислоцированности пород и т. п.

Сформированная в результате реализации процедур отбора предметов исследования и оценки геологической ситуации система наблюдений является необходимой, но еще недостаточной основой для формулирования геологической задачи. Для этого приходится привлекать также предшествующие функциональные и деятельностные представления, зафиксированные в виде используемых закономерностей, связей, а также в методологических регулятивах, методиках, нормативах. Постановка любой геологической задачи обязательно, хотя чаще всего неявно, опирается на эти представления. Поэтому сформулированная задача подразумевает наличие определенных представлений о деятельности, необходимой для выполнения задачи. В явном виде эти деятельностные представления в процессе технического проектирования фиксируются в виде техзадания (техпроекта), на основе которого и осуществляется организации полевых работ. Каждая операция в описанном крупном звене технологии геологической деятельности, названном «этапом проектирования» (см. рис. 1), несет на себе прямое или опосредованное влияние идеализированной ГИ.

В процессе полевых работ производится ГИ принципиально иных типов. В результате непосредственной регистрации параметров недр мы получаем прежде всего дискретные значения геологических параметров, отвечающие определенной (условной) координатно описываемой точке геологического пространства. В качестве примеров назовем значения

силы тяжести или геологического возраста обнаженных пород в определенной точке земной поверхности, концентрации того или иного элемента в локализованном образце (в том числе в керне скважины), глубины кровли (подошвы) отдельного горизонта или его вещественный состав в определенной точке недр и т. п. Это — *первичная необъективированная* фактографическая информация (НИ-1). Она четко координатно привязана, но еще не соотнесена с каким-либо геологическим объектом, который может быть выделен позднее в данном месте, и потому выражена в нейтральной (необъективированной) форме, т. е. выступает в качестве знания, как бы независимого от представлений потребителя информации о тех или иных принятых предметах геологического исследования (ожидаемых типах объектов). Оговорка «как бы» употреблена здесь не случайно. Косвенное влияние существующих предметных представлений тем не менее ощутимо сказывается, проявляясь уже в самом выборе регистрируемых параметров. Суть одного из основных положений методологии науки заключается в том, что «система понятий определяет систему наблюдений» (ведь мы не станем наблюдать, измерять, регистрировать то, о чем мы не имеем понятия).

Геолог, обычно оперирующий графическими образами, воспринять НИ-1 непосредственно, как правило, не в состоянии. Для этого она должна быть преобразована и представлена не в дискретной, а связной форме — в виде графических документов (схем, карт, разрезов, графиков). Это — *вторичная необъективированная* геологическая информация (НИ-2), основа для последующей геологической интерпретации (только ее геолог может зрительно воспринять, чтобы анализировать с геологической точки зрения). НИ-2, так же как и НИ-1, координатно привязана, т. е. каждой точке отраженного на графическом документе геологического пространства отвечает конкретное значение соответствующего параметра. При этом для части таких точек значение параметра получено в результате непосредственного измерения, а для другой части — на основе интерполяции и экстраполяции. Соответственно переход от НИ-1 к НИ-2 требует применения процедур расчета значений между точками измерения. Эти процедуры базируются в основном на методах и концепциях математики, физики, графики (картографии) и лишь в неявном виде — на геологических представлениях.

В силу того что указанные методы и концепции в принципе формализуемы, процедуры преобразования НИ-1 в

НИ-2 также легко поддаются формализации. Поэтому зачастую процедуры получения НИ-1 и преобразования ее в НИ-2 объединяются в единый технологический цикл, на выходе которого представляется сразу НИ-2. Таков, например, процесс автоматизированного получения разнообразных каротажных диаграмм, сейсмостроения или сейсмогеологических разрезов и др.

С геологической точки зрения НИ-2 также необъективизированная информация, поскольку собственно геологические предметные представления в явном виде при этом не задействованы. Чтобы эту информацию воспринять геологически, требуется переосмыслить ее с помощью процедуры геологической интерпретации. Последняя заключается в том, что вторичная необъективизированная ГИ рассматривается через призму предметных представлений геологии и на этой основе производится выделение соответствующих конкретных геологических объектов. Так, для того чтобы по данным съемки (геологической, геохимической, геофизической) и бурения выделить залежь полезного ископаемого (или антиклиналь, или разлом и т. п.), необходимо прежде всего представлять, что такое залежь (антиклиналь, разлом и т. п.) и как она выражается графически (онтологические схемы), спроецировать соответствующее онтологическое представление на графически выраженный фактический материал (НИ-2), установить, есть ли в анализируемом геологическом пространстве места, где наблюдается соответствие между предметным (онтологическим) представлением и графической выраженностью фактического материала и, наконец, идентифицировать такие места как соответствующие конкретные геологические объекты (залежи, антиклиналь, разломы и т. п.). Процедура проецирования абстрактных предметных (онтологических) представлений на НИ-2, в результате которой выделяется геологический объект, и составляет суть геологической интерпретации данных наблюдения. В итоге возникает знание о наличии в данном месте геологического пространства ранее неизвестного геологического объекта данного типа. Этим завершается еще одно крупное звено технологии геологической деятельности, названное на рис. 1 «поисковым этапом».

Знание о наличии объекта дает представление в лучшем случае о его наиболее общих типовых характеристиках, но не индивидуализирует, не выделяет этот объект из объектов того же типа. Для этого нужна дополнительная ГИ, которая производится на этапе «разведки» и принципиально отличается как от идеализированной ГИ, так и от не-

объективированной фактографической ГИ. В процессе наблюдений (измерений), имеющих целью уточнить границы, морфологические и вещественные характеристики геологического объекта, накаплиется *первичная объективированная* геологическая информация — ОИ-1. Эта информация, как правило, имеет и координатную и объектную привязку, т. е. выступает одновременно в качестве характеристики как координатно зафиксированной точки геологического пространства, так и расположенного в пределах этого пространства геологического объекта, во имя которого и организуется получение этой информации. Эта, и только эта, ГИ используется для решения многих важнейших типовых задач геологии, например задачи геометризации залежей с целью оптимизации разработки и подсчета запасов.

После того как завершается процедура обособления и целенаправленного изучения свойств объекта, в соответствии с условиями, принятыми на основе предшествующего деятельностного опыта, ОИ-1 обобщается в пределах выделенного объекта и «изымается» из координатного каркаса. Так формируется *вторичная объективированная* геологическая информация — ОИ-2. Эта информация привязана уже только к объекту, она характеризует не какую-либо точку, а объект в целом. Например, такие параметры залежи нефти, как площадь, запасы, состав флюидов, высота, положение ВНК, газовый фактор и др., представляют собой типичную ОИ-2. Она существует в форме описаний, разрезов, карт, схем, таблиц, создающих воспринимаемый нами образ данного геологического объекта. Этот образ получается в результате реализации геологом процедуры знакового (языкового, графического) моделирования конкретных геологических объектов. В общем объеме разнотипной ГИ, хранящейся в настоящее время в автоматизированных банках данных, преобладающая часть приходится именно на ОИ-2 (кадастры месторождений, залежей, различных геологических тел и т. п.). В силу жесткой связи ОИ-2 с соответствующим геологическим объектом (способом его выделения) любое изменение границ объекта ведет к искажению или полному обесмысливанию соответствующей прежней ОИ-2. Это свойство ОИ-2 затрудняет переработку ее под новым углом зрения, например при постоянно происходящей в геологии минерального сырья смене поисковых концепций и связанной с этим необходимостью выделения иных объектов⁴.

⁴ См.: Мовшович Э. Б. Значение и функции геоинформатики...

Вторичная обобщенная информация является исходной основой для эмпирического и теоретического обобщения, когда из конкретных образов вычленяется общее, присущее всей совокупности объектов, так как «все научные (правильные, серьезные, невзорные) абстракции отражают природу глубже, вернее, *полнее*»⁵. Таков нормальный круговорот геологической информации, при котором из ГИ одного типа обеспечивается получение ГИ другого типа. Поскольку эти процедуры четко соответствуют определенным звеньям технологии (этапам) геолого-разведочной деятельности, то именно с этими звеньями связаны и типы получаемой в результате соответствующих процедур ГИ. Отсюда вытекает и следующее исключительно важное положение: коль скоро на каждом этапе геолого-разведочной деятельности решаются вполне определенные задачи, то существует четкая связь между этими задачами и типами получаемой на этом этапе ГИ. Так, задачи геолого-экономического прогнозирования (в частности, прироста запасов, добычи, экономической и геологической эффективности работ), задачи научного обобщения, классификации и типологии предметов геологического исследования решаются только на основе ОИ-2; задачи получения интегральных характеристик объектов (в частности, геометризация залежей, подсчет запасов, обоснование систем разработки) — на основе ОИ-1; прогнозирования наличия и пространственного положения геологического объекта — на основе НИ-2, и т. п.

Следует отметить, что термины, обозначающие на рис. 1 отдельные звенья технологии геолого-разведочной деятельности, в частности «поисковый этап», «разведочный этап», имеют в данном контексте значительно более широкое, чем обычно, смысловое содержание. Дело в том, что в геолого-разведочном производстве говорят о поисковом и разведочном этапах, как правило, применительно лишь к конечному продукту — скоплениям минерального сырья (залежам, месторождениям). Но отраженная на рис. 1 технология универсальна: она реализуется для любого геологического объекта, даже если он изучается вне связи со скоплениями минерального сырья или на самых начальных этапах исследования таких скоплений. Например, на пути выявления скоплений нефти и газа, приуроченных к ловушкам неантиклинального типа, приходится (в соответствии с принципом последовательного приближения) изучать формации,

⁵ Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 29, с. 152.

фацции, палеотектономорфологические объекты (погребенные рифы, бары, палеодельты и др.), приуроченные к ним природные резервуары и ловушки и, наконец, залежи. И вся рассмотренная технология, в том числе все процедуры, представленные под терминами «проектирование», «поисковый этап» и «разведочный этап», действительна для *каждого* из этих объектов. В этом смысле можно говорить об этапах проектирования, поиска и разведки применительно и к формации и к фации и т. п. В этом же смысле нет принципиальной разницы между работами региональными и детальными. Региональность или детальность работ проявляются лишь в масштабности (иерархических отношениях) объектов, последовательно изучаемых по универсальной технологии.

Время от времени в геологии (в частности, с изменением целевых установок) возникает необходимость в переоценке стратегии геолого-разведочной деятельности. Среди факторов, вызывающих такую переоценку, главным можно считать осознание (весьма небезболезненное) наличия противоречий между: а) логической организацией ГИ, обусловленной существующими предметными представлениями, с одной стороны, и общенаучными методологическими подходами (например, системным) и междисциплинарными (например, математическими) методами анализа и обработки данных — с другой, и б) получаемым на практике эмпирическим материалом и предметными теоретическими представлениями («сюрпризы» природы). В таких случаях происходит определенное временное разрегулирование системы геолого-разведочной деятельности. Но всякая корректно организованная система обладает устойчивостью, что обеспечивается наличием механизмов регуляции в условиях возмущающих воздействий.

Интенсификация геолого-разведочных работ и повышение их эффективности могут быть обеспечены путем совершенствования: 1) способов и средств получения фактического материала, 2) способов и средств обработки ГИ (рис. 2). Совершенствование организационной структуры и методов управления — третий возможный путь — в значительной степени зависит от достижений на двух первых направлениях. Исследования, ведущиеся в рамках первого направления (в частности, совершенствование технологии бурения на суше и на шельфе, разработка дистанционных методов наблюдения, повышение разрешающей способности геофизических и геохимических методов и др.), безусловно, очень важны, но они непосредственно не затрагивают предметного знания геологии, а поэтому здесь и не рассматриваются.

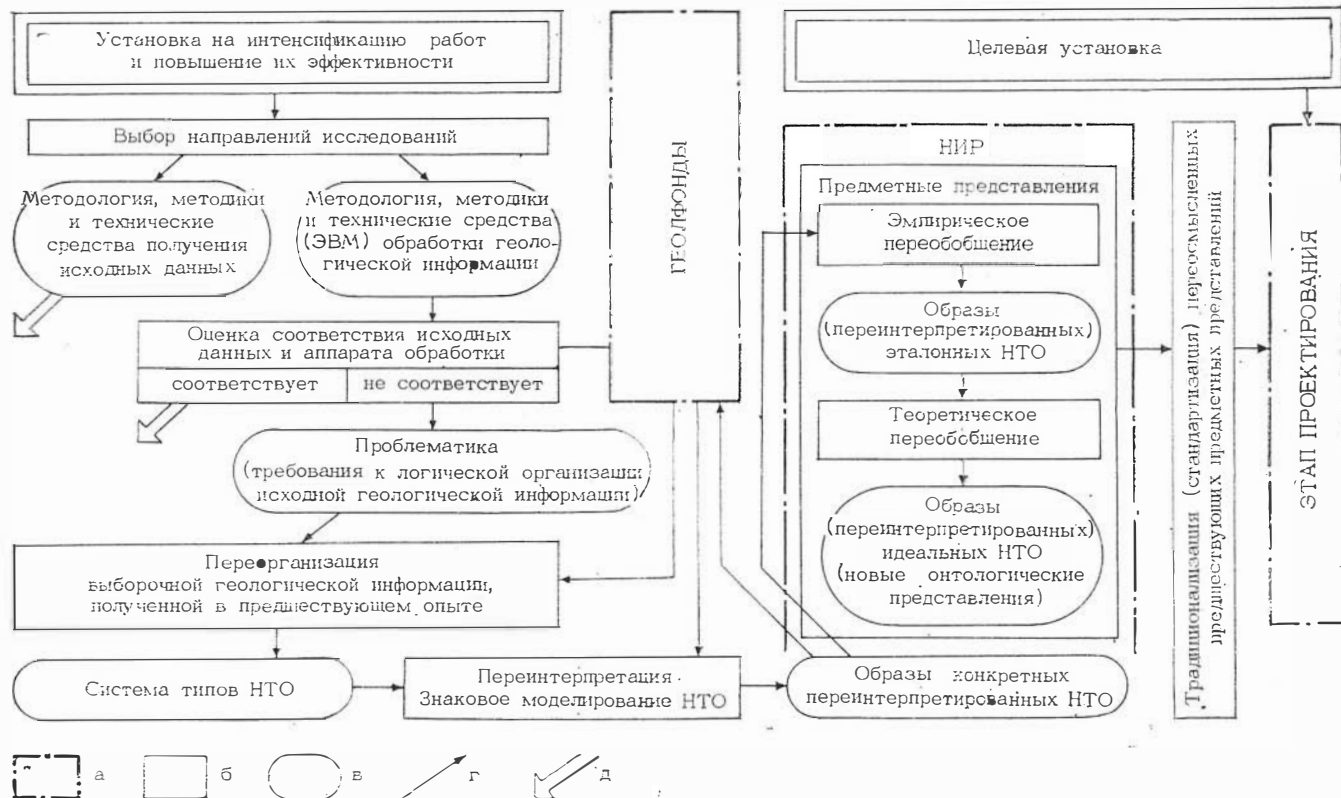


Рис. 2. Механизм регуляции предметного знания в геологии минерального сырья (в условиях несоответствия требованиям методологии и методам обработки информации).

НТО — нетрадиционный тип геологических объектов.

а — основные структурно-функциональные элементы (их структуру и связи см. на рис. 1); *б* — процедуры регуляции в условиях нарушения равновесия системы предметного и деятельностного знания; *в* — результаты реализации процедур регуляции; *г* — функциональные связи; *д* — направления исследований, не вызывающие возмущающих воздействий на существующее предметное знание.

На втором из названных направлений работ реальной отдачей можно ожидать от внедрения современных методологических средств (в первую очередь системного подхода), математических методов и автоматизированных средств обработки данных, призванных оптимизировать (ускорить и удешевить) процесс получения геологических выводов и, главное, повысить их достоверность. Необходимость в них остро ощущается все большим числом геологов, и этим обусловлено, в частности, все более широкое обращение к математическим методам и ЭВМ при решении геологических задач. Однако опыт показал, что логическая организация предметного знания в геологии (а соответственно и фактографической ГИ) не всегда согласуется с формальным математическим аппаратом обработки. Это зачастую ведет к существенному искажению геологических заключений, что порождает свою проблематику, сформулированную в работах Новосибирской школы математической геологии (Ю. А. Воронин, Э. А. Еганов и др.) В настоящее время уже очевидно, что одностороннее приспособление математических методов к традиционной для геологии логической организации ГИ — не очень эффективный метод познания. Настало время и геологии несколько перестроить структуру знания с учетом требований, предъявляемых междисциплинарным математическим аппаратом обработки данных. Именно такая перестройка происходит сейчас в других науках, чем и вызвано усиление тенденции к их интеграции⁶.

Оптимальным средством реорганизации предметного геологического знания является системный подход, ставший вообще главным методом на современном этапе НТР. Представить геологический предмет в виде системы — значит формально зафиксировать ее элементы, связи и отношения, характеризующие данный предмет и соответствующие объекты ГИ. Представленная таким образом информация и есть тот язык, который необходим для использования мате-

⁶ См.: Готт В. С., Семенюк Э. П., Урсул А. Д. Категории современной науки. — М., 1984.

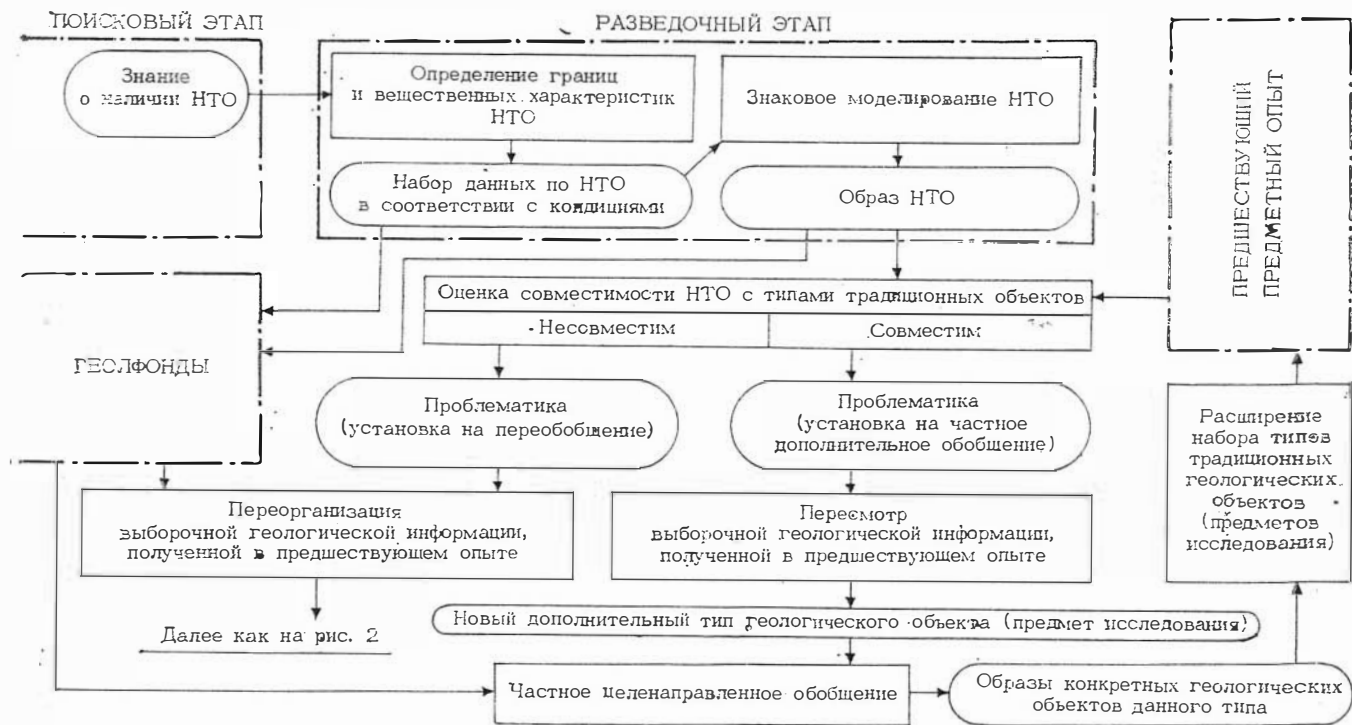


Рис. 3. Механизм регуляции системы предметного и деятельностного знания в геологии минерального сырья при появлении нетрадиционных типов геологических объектов.

Усл. обозн. см. рис. 2.

матических методов и ЭВМ. Все большее число геологов осознает эту миссию системного подхода⁷. В результате системной реорганизации данных возникают нетрадиционные типы объектов (предметы исследований), многие из которых со временем найдут широкое признание.

Нетрадиционные типы геологических объектов (НТО) возникают и из-за «сюрпризов» природы, т. е. в том случае, когда весомый эмпирический материал не охватывается теоретическими предметными представлениями (рис. 3). Например, в процессе бурения обнаруживается залежь нефти. Она не может быть вне ловушки, но при определении типа последней выясняется, что ее нельзя соотнести ни с одним из традиционных типов ловушек. Известны также многочисленные случаи несоответствия теоретических схем эмпирическим данным, полученным в процессе изучения геологии Мирового океана. Впоследствии это привело к возникновению (в рамках теории литосферных плит) целого набора новых, нетрадиционных предметов исследования. Так трудности геологической интерпретации наводят исследователей на мысль о существовании НТО. Затем начинается его изучение по стандартной схеме («этап разведки»), формируется его образ и, наконец, решается вопрос о том, можно ли без явных противоречий встроить этот новый тип объекта в существующую структуру предметного знания. Если сделать этого нельзя, то неизбежна кардинальная перестройка структуры предметного знания в рамках соответствующей проблематики (так произошло с проблематикой тектоники); если можно, то продолжается обобщение данных о новом типе объектов и новый предмет исследования вписывается в число традиционных (см. рис. 3).

Понятно, что в действительности все происходит намного сложнее.

Выбор между «нельзя» и «можно» очень часто делается под давлением не столько научных, сколько психологических соображений. Геолог, столкнувшись с НТО, как правило, психологически и методологически не готов к существенной перестройке всей совокупности предметов исследования. К этому его могут побудить лишь действительно

⁷ См.: Карогодин Ю. Н. Седиментационная цикличность.— М., 1980; Мовшович Э. Б. Системный подход к выделению нефтегазопоисковых объектов.— В кн.: Системные исследования в геологии каустобиолитов.— М., 1984, с. 107—135; Системный подход в геологии (теоретические и прикладные аспекты): Тезисы докладов.— М., 1983; Трофимук А. А., Карогодин Ю. Н., Мовшович Э. Б. Методологические вопросы геологии нефти и газа.— Новосибирск, 1984.

фундаментальные и всем очевидные открытия, которые весьма редки. Обычно гораздо легче «закрыть глаза» на выявленное противоречие факта и теории и заняться изучением данного НГО независимо от других типов объектов. В этом одна из основных причин обилия узких специализаций в геологии. Так, многие специалисты по нефти и газу занялись выявлением предельно узких, специфических типов ловушек, связанных, например, только с погребенными рифами, или только с барами, или только с зонами выклинивания, или только с так называемыми «запечатанными» залежами. Для обеспечения этих узкоспециализированных работ создаются многочисленные методики. В результате силы теоретиков и практиков, а также материальные средства расходуются отнюдь не лучшим образом.

Перед геологией уже сегодня возникла альтернатива: либо безудержно наращивать число предметов исследования, либо ограничивать его, пользуясь четкими методологическими критериями. Невозможность долго идти по первому пути уже ощущается большинством геологов. Переход же на второй путь требует значительных и, главное, организованных интеллектуальных затрат. Периодическая системная реорганизация предметов геологии равнозначна получению принципиально нового научного результата и может быть обеспечена лишь глубоким проникновением в сферу проблемно-содержательного и методологического знания. Но это единственное средство, способное остановить неконтролируемое, злокачественное разрастание совокупности предметов исследования геологии, противопоставить ему интегративную тенденцию, характерную для современного этапа НТР. И это еще одна миссия системного подхода в геологии.

Сопоставление описанных выше информационно-функциональных связей с реальной организацией геолого-разведочного процесса позволяет сделать следующие выводы.

1. Как видно на рис. 1—3, в системе геолого-разведочной деятельности исключительно велика роль геолфондов. Оперативность реализации всей технологии геолого-разведочного производства зависит от доступности, представительности и подготовленности к обработке исходной для каждого технологического звена ГИ. А это требует раздельного хранения (причем в ЭВМ) ГИ каждого из выделенных типов. Отчетная форма хранения значительной части ГИ не отвечает этим условиям, делает ее труднодоступной, вызывает огромные непроизводительные затраты сначала на приспособление получаемых данных к тради-

ционной форме отчета, а затем на выборку этих данных и приведение их к исходному виду. Представляется более рациональным введение раздельной отчетности: фактографическая ГИ (представленная в удобной для ЭВМ форме) и теоретические выводы-обобщения.

2. Выделенные типы ГИ принципиально различаются как по структуре данных, так и их логической организации. Например, для НИ-1 соотношение между числом показателей и количеством регистрируемых значений последних на несколько порядков отличается от ОИ-2. В НИ-1 все данные представлены или могут быть представлены в цифровом виде с точечной привязкой, в то время как ОИ-2, как правило, выражена в символьной форме с использованием терминов естественного языка и имеет объектную привязку. Хранение и поиск такой информации с помощью ЭВМ также организуются по-разному. В этих условиях установка на разработку или выбор типовой для геологии системы управления базами данных (без учета специфики типов ГИ) нерациональна. По всей вероятности, развитие отраслевых автоматизированных систем должно быть нацелено на создание связанных интерфейсами отдельных типовых программных комплексов, ориентированных на определенный тип ГИ и соответственно на определенный комплекс технических средств, в том числе периферийных устройств (например, для НИ необходим графопостроитель или графический дисплей). Тогда автоматизированные системы конкретных организаций могли бы формироваться из тех или иных комбинаций таких комплексов в зависимости от ориентации на решение тех или иных геологических задач.

3. В настоящее время в структуре большинства научных и производственных геологических организаций созданы подразделения, осуществляющие разработку и программную реализацию математических моделей решения геологических задач. Возможности концентрации пока еще во многом разрозненных усилий этих подразделений в значительной мере зависят от уровня типизации геологических задач. Большим недостатком существующих вариантов типизации задач геологии (причиной отсутствия общепринятой типизации) является отсутствие в них той основы, которая позволяет четко согласовать содержательный (целевой) и математический аспекты. Думается, что приведенная выше типизация ГИ, увязывающая определенные звенья и содержательные процедуры геолого-разведочного процесса, может рассматриваться как исходная модель оптимальной

типизации геологических задач. Любой тип задачи может быть охарактеризован не термином, который часто понимается неоднозначно, а формализованной фиксацией исходной и конечной ГИ и процедуры ее преобразования (для сложных задач можно найти последовательность процедур с определенными типами ГИ на входе и выходе).

4. Стратегия геолого-разведочной деятельности и степень достоверности геологических заключений во многом определяются соответствием предметного знания, в частности идеальных образов, природным объектам. Однако формализованные схемы многих предметов исследования пока еще не общепотребительны. Следствием этого являются неоднозначность понимания предметов и выделения объектов⁸, недостаточная надежность геологической интерпретации, что отрицательно влияет на эффективность геолого-разведочных работ. Сейчас в структуре НИР зачастую не осуществляется сплав геологического и методологического знания. В геологии слабо реализуется системный подход как предпосылка не только совершенствования предметного знания, но и эффективного применения математических методов. Системное движение в геологической отрасли развивается пока во многом стихийно, но этот процесс должен быть управляемым.

5. Интенсификация геолого-разведочной деятельности может осуществляться в двух направлениях (см. рис. 2). В настоящее время, судя по структуре НИР, основная задача ожидается от совершенствования методов и технических средств получения ГИ. Совершенствование предметного геологического знания и организация деятельности в соответствии с информационно-функциональными связями не менее важное дело, чем борьба за эффективность геолого-разведочной деятельности.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ГЕНЕРАЦИИ И ПЕРВИЧНОЙ МИГРАЦИИ УГЛЕВОДОРОДОВ ПРИ ТЕКТЕНИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЯХ НЕФТЕПРОИЗВОДЯЩИХ ПОРОД

Ю. А. ПЕЦИОХА, канд. геол.-мин. наук

Между экспериментальной нефтегазовой геологией и геохимией и скважинными наблюдениями существуют прямые и обратные связи, знание и регулирование которых по-

⁸ Подробнее см.: Трофимук А. А., Карогодин Ю. Н., Мовшович Э. Б. Методологические вопросы геологии нефти и газа.

могут наиболее эффективно ставить эксперимент и вести целенаправленные поиски месторождений нефти и газа. Использование достижений в области фундаментальных наук позволяет по-новому объяснить ряд геологических явлений и искать пути для решения прикладных задач нефтегазопромысловой геологии.

Так, известные схемы образования углеводородов предусматривают обязательное погружение осадочных пород на определенные глубины, где создаются благоприятные термобарические условия для преобразования рассеянного органического вещества.

В этой связи основными параметрами, контролирующими генерацию углеводородов (УВ), считаются тип и количество органического вещества (ОВ), заключенного в нефтепроводящих породах, и температура, которая воздействовала на них в процессе длительного погружения. Как наиболее важному источнику энергии, необходимому для генерации УВ, особое значение придается тепловому потоку, равномерно поступающему из глубинных недр земли.

Однако ряд наблюдаемых фактов, имеющих принципиальное значение для доказательства универсальности любой из известных схем органического происхождения нефти, до сих пор не находит однозначного объяснения. При попытках объяснить прогрессивное развитие нефтеобразования конкретными геологическими условиями возникают многочисленные противоречия, которые дают основание предполагать, что эта концепция, особенно с энергетических позиций, является весьма упрощенной.

Нелинейные термоградиенты и термоаномалии

Известно, что непрерывный тепловой поток отражается в осадочной толще довольно постепенным возрастанием температур с глубиной. При этом наблюдается относительно плавный и линейный характер геотермических градиентов, величина которых обычно изменяется в пределах $1,8-3,0^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$. Таковы в общих чертах исходные положения о распределении главного источника энергии в осадочной толще, приводящего к преобразованию ОВ и прогрессивному по мере погружения развитию процессов нефтеобразования.

Многочисленными публикациями о геотермической обстановке различных ПГБ выявлены, однако, весьма существенные отклонения от «нормального» распределения температур как по глубине, так и по площади. Обнаружены

контрастные термоаномалии, приуроченные к месторождениям нефти и газа. На одинаковых глубинах температура, замеренная в продуктивной части разреза, намного выше, чем в непродуктивной части. Установлено также, что в скважинах, где при опробовании обнаружены признаки УВ, температура на 30—50°C выше, чем в непродуктивных скважинах, расположенных в непосредственной близости на той же глубине.

Неоднородное и неравномерное распределение термоградиентов, величина которых 7,5—11°C/100 м и выше, наблюдается в осадочных толщах, представленных чередованием нефтепроизводящих пород с коллекторами, и, как правило, такие геотермические отклонения приурочены к тектоническим элементам НГБ, контролируемым активностью кристаллического фундамента (региональные разломы, различного рода тектонически напряженные зоны и нарушенные структурные поднятия).

Некоторые наблюдения в тектонически напряженных зонах НГБ

Прямая связь промышленных скоплений УВ с крупными разломами и тектонически активными зонами как на платформах, так и в геосинклиналях считается установленным фактом. Последствия интенсивных упругопластических деформаций коллекторов и нефтепроизводящих пород в виде разрывных нарушений, сколов, дробления, трещин, макро- и микросдвигов и поверхностей скольжения можно наблюдать в кернах, отобранном практически на любом месторождении.

В тектонически «пассивных» зонах НГБ уплотнение пород с глубиной происходит закономерно и контролируется (главным образом) действием геостатического давления. Однако в тектонически напряженных зонах осадочного чехла, рассеченного разломами и многочисленными разрывными нарушениями, наблюдаются резкие отклонения от известной закономерности. Эти отклонения проявляются ступенчато по глубине и имеют локальное распространение по площади. В таких зонах мощные нефтематеринские толщи обладают исключительно высокой пористостью, в то время как маломощные слои, чередующиеся с упругими песчаниками, максимально уплотнены, несмотря на небольшие (700—1500 м) глубины залегания.

Особенности уплотнения и разуплотнения нефтепроизводящих толщ в значительной степени предопределяются

их мощностью и наличием перекрывающих и подстилающих упругих дренажных коллекторов. Так, например, в достаточно массивных глинистых отложениях, «зажатых» между пластами песчаников, максимально высокая пористость сохраняется в средней части толщи и экспоненциально снижается по мере приближения как к перекрывающему, так и к подстилающему коллектору, в котором обычно регистрируется АВПД.

В относительно маломощных глинистых и глинисто-алевритовых отложениях, чередующихся с пластами и пропластками песчаников, пористость резко снижается, достигая даже на глубинах 500—700 м всего лишь 2—5%.

В тектонически напряженных зонах осадочного чехла преобразование глинистых минералов происходит аналогично изменению пористости и в большинстве случаев резко отличается от стадийности, характерной для условий унаследованного погружения пород. Наиболее контрастные преобразования наблюдаются в относительно маломощных глинистых толщах, чередующихся с пластами песчаников. Первоначально содержавшие в различных соотношениях полевые шпаты, иллит (гидрослюда и глауконит), смешан-послойные минералы и хлорит, эти глинистые породы в процессе пластических деформаций, обусловленных неравномерными тектоническими напряжениями, преобразуются главным образом в структурно совершенный каолинит или диоксит.

Этот процесс сопровождается резким снижением концентрации обменных катионов в межслоевых позициях и выносом значительных объемов новообразований аморфной SiO_2 в направлении к сопряженным коллекторам, в которых впоследствии обнаруживаются маломинерализованные воды с высоким pH и избыточным содержанием Na^+ , CO_3H^- , SO_4^{--} , SiO_3^{--} , Al_2O_3 , Fe_2O_3 и пониженным содержанием Ca^{++} , а также нефть или газ.

Представляет интерес и тот факт, что содержание водорода, обычно высокое в менее деформированных глинистых толщах, резко снижается в аналогичных отложениях вблизи или же в самой продуктивной зоне.

В тектонически деформированных нефтепроизводящих толщах наблюдаются резкие различия в степени преобразования ОБ даже на расстоянии 1—3 м, а в единой залежи, раздробленной на блоки, химический состав нефтей и степень их катагенетической превращенности контрастно различаются в пределах отдельных блоков, удаленных друг от друга на 700—800 м.

Перечисленные факты дают основание полагать, что в тектонически напряженных зонах НГБ пластические деформации значительно ускоряют совместное преобразование минеральной и органической составляющей нефтепроизводящих пород в направлении генерации УВ без внешнего теплового воздействия, которое считается обязательным для преобразования ОВ и нефтеобразования в условиях прогрессивного погружения бассейна.

Пространственная приуроченность нелинейных термоградиентов и термоаномалий к толщам с чередованием «нефтепроизводящая порода — коллектор» и к залежам нефти и газа, скопившимся в тектонически нарушенных ловушках, позволяет выявить основной источник энергии, контролирующей одновременно как процессы генерации УВ и их первичной миграции, так и формирование ловушек для аккумуляции. Природа этого мощного источника энергии тектоническая.

**Преобразование тектонической работы
в различные виды энергии,
обеспечивающие активацию
химических реакций для генерации УВ
из нефтепроизводящих пород**

Тектоническая активность, проявляясь в геологические эпохи повсеместно, довольно часто, однако, оказывается сконцентрированной в определенных локальных зонах. Зарожденная в глубинных недрах земли, тектоническая энергия прорывается к осадочной толще через промежуточную среду, представленную раздробленными блоками фундамента, и, будучи сконцентрированной в определенных зонах, приводит к формированию интенсивно деформированных и метаморфизованных пород в осадочном чехле. Степень деформации и преобразованности осадочных пород будет определяться их положением в пространстве относительно зоны с максимальной концентрацией тектонической энергии, глубиной залегания и механической прочностью (как индивидуальных составляющих пород, так и осадочной толщи в целом), способной сопротивляться деформации и нарушению сплошности пород.

Предположим, что энергия, зарожденная в глубинных недрах Земли, через промежуточную среду, представленную раздробленными блоками фундамента, переместилась в осадочный бассейн в виде механической (тектонической) работы. Полагая, что эта работа не распределена по всему

бассейну, а сосредоточена в какой-либо зоне, можно ожидать, что именно здесь осадочная толща будет претерпевать либо сжатие, растяжение, скалывание, волочение, либо другие виды структурных нарушений и преобразований. Эти механические возмущения будут сосредоточены прежде всего в тех слоях осадочной толщи, которые непосредственно контактируют с блоками фундамента, и впоследствии переместятся либо по вертикали, либо по горизонтали, вовлекая остальную часть осадочной толщи в механическую работу.

Осадочные породы, подвергшиеся в первую очередь внешнему воздействию, начнут сопротивляться, используя свою жесткость и прочность, приобретенную в процессе длительного погружения. Постепенно нарастающая мощность внешнего воздействия вынудит породу произвести внутреннюю макро- и микроперестройку структуры, чтобы повысить ее сопротивляемость в условиях образовавшегося неравномерного всестороннего давления.

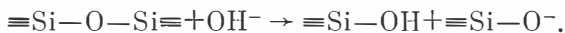
В ограниченном объеме глинистых пород, чередующихся с песчаниками, будут зарождаться пластические дислокации, интенсивность которых будет возрастать в пластичных нефтепроизводящих породах. Согласно экспериментальным данным, плотность внутрикристаллических дислокаций чрезвычайно высока и достигает 10^8 — 10^{12} см⁻², а в 1 см³ глинистых пород может возрасти до 10^{21} при общей поверхности соприкосновения до 6000 м².

Необратимые структурные изменения, инициируемые дислокациями, произойдут одновременно как в матрице вмещающей породы, так и в матрице керогена.

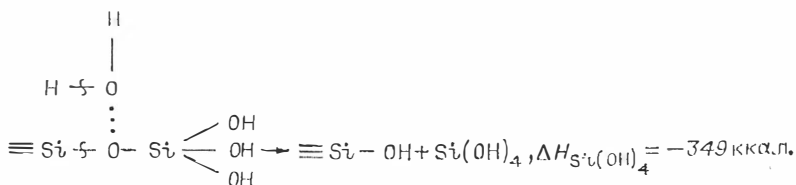
Исключительно активные колебательные возбуждения валентных связей и деформационные искажения молекулярных орбиталей способствуют перескокам электронов с одной орбитали на другую. В результате такого возбуждения ослабевают и затем разрываются первоначальные химические связи. Таким образом, микрообъем нефтепроизводящей породы становится системой, состоящей из смеси электронов, атомов, ионов и свободных радикалов, выведенных из равновесия новообразованными микродислокациями. Например, для слоистых силикатов дислокация параллельно оси С достигается путем возмущения наиболее слабых связей «металл — кислород». В первую очередь, будут вовлечены в разрыв K^+ , Na^+ и OH^- , обладающие наибольшими ионными радиусами и самыми слабыми электростатическими связями, затем — Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} и, наконец, нарушение связей в тетраэдрах SiO_4 приведет в активированное состояние Si^{4+} , Al^{3+} и O^{2-} .

Разрыв связей в молекулах физически или химически связанной воды с образованием $\text{H}^+(\text{H}_2\text{O})^+$ и OH^- оказывает решающее воздействие как на механо-химические свойства силикатов, так и на все процессы, приводящие к образованию УВ,— катализ, термо- и гидрокрекинг и гидролиз. Это даст основание считать связанную воду необходимым и обязательным компонентом любой нефтепродуцующей породы и наиболее эффективным донором водорода.

Активное участие молекул связанной воды в генерации УВ начинается с того, что при первом же взаимодействии с K^+ или Na^+ создается резко щелочная среда, выделяются протон и значительное количество тепла (96—89 ккал). В плоскости дислокации высокая щелочность и температура приводят к гидролитическому ослаблению и разрыву сильных $\text{Si}-\text{O}-\text{Si}$ -связей с образованием силанолов и активных анионов ($\equiv\text{Si}-\text{O}^-$):



По мере возрастания числа групп OH^- до двух или трех молекулы воды наиболее активно вовлекаются в разложение $\text{Si}-\text{O}-\text{Si}$ -связей, что обусловлено возросшей способностью Si^{4+} притягивать электроны (ионный потенциал 9,8) и имеющимися вакансиями на d -орбитали:



При взаимодействии Si^{4+} с молекулами H_2O выделяется огромное количество тепла, точно так же как при гидратации Mg^{2+} (464 ккал), Fe^{2+} (468 ккал), Fe^{3+} (1072 ккал), Cr^{3+} (1105 ккал), Al^{3+} (1122 ккал).

Замена Si^{4+} в тетраэдрах SiO_4 вовлечет Al^{3+} в гидролитические реакции и одновременно приведет к избытку отрицательных зарядов, которые должны компенсироваться катионами.

Активированные обменные катионы, будучи спаренными с активными новообразованными анионами ($\equiv\text{Si}-\text{O}^-$ или $\equiv\text{Al}-\text{O}^-$), выводятся из реакции наряду с $\text{Si}(\text{OH})_4$ и тем самым обеспечивают исходные компоненты для образования силикагеля и цеолитов.

Таким образом, выход продуктов первичных реакций освобождает некоторый объем в межслоевом пространстве, в котором концентрируется высокая тепловая энергия и создается избыток отрицательных зарядов, немедленно компенсирующийся вхождением органических катионов, размер которых будет ограничен размерами образовавшегося канала.

Процесс генерации УВ, начавшийся в условиях активного катализа, приводит к различным спонтанным гомо- и гетеролитическим реакциям, включая термо- и гидрокрекинг, гидролиз и конденсацию. Смесь, состоящая из свободных органических радикалов, будет взаимодействовать с новообразованными фрагментами и может привести к формированию кремнеорганических моно- или полирадикалов с линейной или каркасной структурой.

Продукты реакции могут быть либо конденсированы, либо выведены в направлении новообразованных цеолитов, выход из которых обеспечит фракционирование сформированных УВ или других побочных соединений.

Химические связи в структуре керогена, нарушенные дислокациями, приведут к разрыву наиболее ослабленных звеньев между или вблизи третичного атома С, а затем будут разрываться и в других сочленениях, образуя макро- и микрофрагменты, и тем самым обеспечивать поступление в зону реакций исходного материала для генерации УВ. В результате фрагментации и перестройки структуры кероген в конечном итоге преобразуется в упорядоченные полициклические ароматические соединения.

С рассмотренных позиций энергия, привнесенная в осадочную толщу извне в виде механической работы пластических деформаций, преобразуется в матрице нефтепроизводящей породы в электрическую, тепловую, химическую и механическую энергии, в результате чего УВ генерируются и затем выносятся из зоны реакций. С учетом закона сохранения энергии это можно представить следующим образом:

$$dW_{\text{EXT}} = -dU - dW_{\text{INT}} + dQ - \sum_1^m \mu_m dn_m,$$

где dW_{EXT} — тектопическая работа, приносимая извне; $-dU$ — снижение внутренней энергии системы (в объеме нефтепроизводящих пород); $-dW_{\text{INT}}$ — снижение активности внутренней работы (электрическая, химическая, механическая), эквивалентное потенциалу Гиббса; $+dQ$ — по-

глощение системой (в объеме нефтепроизводящих пород) тепловой энергии; — $\sum_1^m \mu_m dn_m$ — продукты реакции, выносимые из системы.

Принимая во внимание тот факт, что тектоническая энергия, выраженная в виде $W_{ext} = pV$, при пластических деформациях нефтепроизводящих пород приводит к снижению энергии активации E , уравнение Аррениуса может быть представлено в виде

$$K = Ae^{-\frac{E}{pV}}.$$

О НАПРАВЛЕНИЯХ И ЗАДАЧАХ ЛИТОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ГЕОЛОГИИ НЕФТИ И ГАЗА

В. Г. КУЗНЕЦОВ, д-р геол.-мин. наук

Геология нефти и газа, как важная прикладная наука, является в значительной мере наукой междисциплинарной и активно использует, а нередко и включает в себя результаты и достижения ряда других наук — геологических (геохимии, литологии, структурной геологии, палеонтологии, стратиграфии, гидрогеологии), фундаментальных и общетехнических (физики, химии, подземной гидромеханики, физики пласта и др.). В то же время она активно влияет на другие науки и даже вызывает становление и развитие новых наук или научных направлений. Достаточно ярким примером могут служить органическая геохимия, нефтепромысловая гидрогеология, ряд разделов разведочной и скважинной геофизики.

Становление науки об осадочных горных породах, ее обособление от общей петрографии было также обусловлено прежде всего потребностями стремительно развивающейся нефтяной промышленности. Если пионерные работы в этом направлении — изучение современных морских и океанических осадков (Дж. Меррей, А. Ренар), петрографии некоторых видов осадочных пород (Л. Кайе и др.), условий осадконакопления (И. Вальтер, Н. И. Андрусов) — относятся к концу прошлого — началу нынешнего века, то оформление литологии как самостоятельной науки произошло после первой мировой войны, первой «войны моторов», когда резко возросло значение главнейшего полезного ископаемого осадочных толщ — нефти.

Первой в мировой литературе работой, в которой осадочные породы рассматривались как закономерные минеральные ассоциации и делалась попытка выявить общие закономерности их строения, происхождения и распространения в пространстве и в геологической колонке, была книга Л. В. Пустовалова¹, написанная как учебное пособие именно для нефтяных вузов. Кстати, уже в этой работе (ч. 1, с. 7) подчеркивался исторический и геологический, а не только описательный характер науки и предлагался (по-видимому, впервые) термин «литология» в его нынешнем понимании (в отличие от термина «литогенезис» И. Вальтера).

На первое место в числе полезных ископаемых осадочного происхождения поставил нефть М. С. Швецов². Современные исследователи также считают, что потребности нефтяной промышленности вызвали к жизни и литологию как науку³.

Природный газ как важный вид полезного ископаемого стал использоваться в значительных количествах лишь с конца 40-х — начала 50-х годов, и геология нефти постепенно превратилась в геологию нефти и газа, а нефтяная литология стала литологией нефтегазовой.

Естественно, что потребности нефтяной геологии в значительной степени определили и особенности развития литологии, а наряду с общими возникли и специфические именно для нефтегазовой литологии проблемы. Среди последних выделились три главные группы задач.

1. Разностороннее петрографическое изучение и детальная характеристика пород-коллекторов нефти и газа, а позднее и покрышек, или, в более общей форме, — флюидоупоров (П. П. Авдусин, Г. И. Теодорович и др.), их состава и строения, структуры и характера порового пространства.

2. Корреляция разрезов, особенно разрезов скважин на основе петрографических данных в форме (главным образом) микропетрографической корреляции (Г. Мильтер, В. П. Батулин, С. Г. Саркисян и др.).

3. Выяснение условий образования продуктивных отложений, а также фациально-палеогеографические рекон-

¹ См.: Пустовалов Л. В. Петрология осадочных пород, ч. 1 и 2. — М. — Л., 1940.

² См.: Швецов М. С. Петрография осадочных пород. 1-е изд. — М., 1934; 3-е изд. — М., 1958.

³ См., например: Селли Р. К. Введение в седиментологию. — М., 1981.

струкции с целью выяснения условий образований нефтегазоматеринских толщ (А. Д. Архангельский, В. П. Батурин).

Последующее расширение работ по нефтегазовой литологии, естественно, видоизменило этот набор: ряд проблем отпал, другие получили качественно новое звучание. Так, в связи с развитием микропалеонтологии и массовым внедрением разнообразных видов геофизических исследований скважин (каротажа) практически вышла себя микростратиграфическая корреляция. Возникли, однако, и другие направления.

Важной качественной характеристикой современной нефтегазовой литологии является, по-видимому, во-первых, то, что она способствует становлению и развитию ряда направлений и отраслей, особенно на стыке наук, и активно комплексировается с другими геологическими науками, и, во-вторых, то, что принципы системного подхода не только учитываются при решении практических задач, но и при разработке самой методологии исследования⁴.

Системная методология позволяет, во-первых, более четко осознавать иерархичность, соподчиненность объектов исследования, наличие различных уровней организации вещества и объектов нефтегазовой литологии и, во-вторых, рассматривать эти объекты как элементы природных систем, т. е. устанавливать влияние на них самых разнообразных процессов и явлений, изучать и внутреннюю структуру объекта, и его взаимосвязи с окружающими объектами.

Обогащаются традиционные методы исследования пород-коллекторов и флюидоупоров. Более углубленно изучаются состав, структура и текстура пород, их вторичные преобразования. Разрабатываются и внедряются новые методы и методики определения главных параметров, характеризующих коллекторские и экранрующие свойства,— пористость,

⁴ См.: Дмитриевский А. Н. Системный литолого-генетический анализ нефтегазоносных осадочных бассейнов.— М., 1982; Карогодин Ю. Н. Седиментационная цикличность.— М., 1980; Он же. Структура слоевых ассоциаций (циклитов) венд-кембрийских толщ мотекской свиты и закономерности размещения резервуаров нефти и газа.— Геология и геофизика, 1982, № 4, с. 140—141; Карогодин Ю. Н., Четвериков Л. П. Методологические вопросы системно-структурного анализа породно-слоевых ассоциаций нефтегазоносных бассейнов.— В кн.: Теоретические и методологические вопросы геологии нефти и газа. Новосибирск, 1981, с. 11—23; Трофимук А. А. Некоторые итоги и значение системно-структурных исследований слоевых ассоциаций в нефтяной геологии.— В кн.: Системные исследования в геологии каустобиолитов. М., 1984, с. 3—5.

проницаемость, остаточная водонасыщенность, давление прорыва и т. д. Разрабатываются методики изучения микроструктур, порового пространства и т. д.⁵ Это направление исследований получило название нефтегазопромысловой литологии⁶.

Весь комплекс подобных исследований позволяет повысить достоверность прогноза коллекторских и экраняющих свойств пород в зависимости от их петрографических характеристик и геологической обстановки нахождения. На этом уровне намечилось несколько новых направлений. Так, наряду с изучением наиболее распространенных песчано-алевролитовых и карбонатных пород-коллекторов исследуются нетрадиционные комплексы типа глинистых (баженовская свита Западной Сибири, майкопские отложения Предкавказья), кремнистых (Сахалин и Дальний Восток) и вулканогенно-осадочных (Закавказье, Вилуйская синеклиза) отложений. Специальную задачу составляет изучение коллекторов на больших глубинах⁷.

Тесное взаимодействие с геофизикой породило новую отрасль знания — петрофизику, которая, во-первых, обеспечивает более достоверную геологическую интерпретацию результатов геофизических исследований (полевых и скважинных) и, во-вторых, позволяет определять кондиционные значения коллекторских параметров и коэффициентов нефтеотдачи для пород разного состава, структуры и происхождения.

В ближайшие годы должно получить развитие разностороннее изучение пород в условиях многолетней мерзлоты, где имеются открытые советскими учеными залежи газогидратов, ибо без этого промышленное освоение принципиально нового типа месторождений невозможно. Подобные исследования будут вестись не только на породном, но и на более низком — минеральном уровне, так как в столь необычной обстановке минералы могут иметь и необычные свойства, а возможно и появление новых минералов. Ин-

⁵ См.: Багрянцева К. И. Карбонатные породы-коллекторы нефти и газа. — М., 1977; Клубова Т. Т. Минералогические и текстурные предпосылки формирования коллекторского потенциала глинистых пород. — В кн.: Геология и нефтегазоносность Западной Сибири. М., 1982, с. 80—87.

⁶ См.: Черников О. А. Литологические исследования в нефтегазопромысловой геологии. — М., 1981.

⁷ См.: Прошляков Б. К., Дмитриевский А. Н., Гальянова Т. И. Некоторые итоги и задачи в области изучения коллекторов нефти и газа на больших глубинах. — М., 1977 (Тр. МИНХ и ГП им. И. М. Губкина, вып. 123—124).

интересно в связи с этим сообщение Д. Шермана (Великобритания) на секции «Литология» 27-й сессии Международного геологического конгресса о новом минерале икаите — шестиводном карбонате кальция, устойчивом в условиях высоких давлений и низких температур, т. е. в условиях, которые существуют в залежах газогидратов. При изменении условий он распадается с выделением кальцита, занимающего лишь 32% объема исходного минерала, и воды. Ясно, что если этот минерал (или подобные ему минералы) присутствует в залежах газогидратов (а это весьма вероятно), то при их разработке будут меняться условия, и он будет разрушаться, существенно меняя характер среды, а следовательно, и режим разработки.

Наряду с углублением и детализацией традиционных исследований на породном уровне нефтегазовая литология переходит к широкому исследованию породно-слоевых ассоциаций — прежде всего природных резервуаров как ассоциаций горных пород — коллекторов и полупокрышек, ограниченных непроницаемыми экранами. Важнейшее свойство природного резервуара — особенности размещения в нем флюидов и их внутрирезервуарной миграции — определяется набором пород (коллекторов, полупокрышек, флюидоупоров) и их пространственными взаимосвязями, т. е. внутренним строением, композицией геологического тела. На этом уровне полностью используются материалы первого, породного, уровня исследования, однако главное внимание уделяется проблеме изучения пространственных взаимоотношений различных пород. При этом открываются интересные перспективы генетической интерпретации материалов литологического исследования, а именно фациального и формационного анализов. Уже сейчас выполнены работы, показывающие приуроченность коллекторов разного типа к отдельным фациям, обусловленность в ряде случаев вторичных преобразований, ведущих к формированию и перестроению коллекторов, первичными фациальными обстановками⁸. Это открывает возможность прогнозировать пространственное развитие коллекторов разного типа и их качества на фациальной основе, т. е. на базе уже достаточно детально разработанных и апробированных методов. Характер вертикального разреза природных резервуаров яв-

⁸ См.: Соколов Д. С. Основные условия развития карста.— М., 1962; Багрянцева К. И. Особенности формирования и свойства карбонатных коллекторов сложного строения.— В кн.: Особенности строения и формирования сложных коллекторов. М., 1982 (Тр. ВНИГНИ, вып. 239).

ляется одним из оснований прогноза нефтегазоносности локальных ловушек⁹.

Весьма перспективным представляется также изучение природных резервуаров на формационной основе, что позволит давать общие прогнозы строения резервуаров и типов слагающих его коллекторов, полупокрышек и флюидопоров в зависимости от типов формаций. Так, например, устанавливается, что природные резервуары карбонатных платформенных формаций аридной климатической зоны имеют отчетливо пластовый характер; пласты-коллекторы разделены многочисленными полупокрышками и флюидопорами; в строении резервуара отмечается латеральная асимметрия, когда в его дистальных, удаленных от основного питающего водоема нормальной солености частях ухудшаются коллекторские свойства, уменьшается мощность коллекторов и одновременно возрастают число и мощность полупроницаемых и непроницаемых разностей, что ведет к расщеплению резервуаров, увеличению их числа в том же стратиграфическом объеме и, как следствие этого, к расширению стратиграфического диапазона нефтегазоносности при одновременном уменьшении размеров залежей. Природные резервуары планктоногенных карбонатных формаций (песчого мела и пелитоморфных известняков) имеют совершенно иной тип коллекторов и обычно массивны, что определяет интенсивную вертикальную миграцию и большую (нередко) высоту залежей¹⁰.

Формационный подход продуктивен и при изучении более высокой иерархической ступени нефтегеологического подразделения стратисферы, а именно нефтегазоносных комплексов как закономерных ассоциаций природных резервуаров и покрывающих их экранирующих толщ, обладающих литологическими, геохимическими, гидрогеологическими и другими параметрами, благоприятными для формирования и консервации углеводородов. На этом уровне исследований нефтегазовая литология вступает в глубокий контакт с органической геохимией, нефтегазовой гидрогеологией и другими отраслями геологической и нефтегеологической науки.

Другое традиционное направление исследований нефтегазовой литологии — фациально-палеогеографическое — так-

⁹ См.: Локальный прогноз нефтегазоносности на основе анализа строения ловушек в трехслойном резервуаре (методические рекомендации)/В. Д. Ильин, С. П. Максимов, А. В. Золотов.— М., 1982.

¹⁰ См.: Кузнецов В. Г. Природные резервуары нефти и газа карбонатных формаций.— М., 1984.

же претерпевает качественное изменение, хотя по-прежнему актуален прогноз развития толщ коллекторов, флюидоупоров, нефтегазопродуцирующих отложений. Опираясь на новые методы и методики, используя новейшие достижения океанологии, морской геологии, учения о фациях, это направление, видимо, будет развиваться и далее, используя опыт изучения коллекторов и покрышек на фациальной и формационной основе.

Сравнительно недавним достижением литологических, литолого-фациальных и геохимических исследований стало установление того факта, что нефте- и газопродуцирующие отложения часто формируются в существенно различных фациальных обстановках. Это превращает результат литолого-фациальных исследований (наряду с данными органической геохимии отложений и термобарическими условиями) в один из главных критериев раздельного прогнозирования ресурсов нефти и газа.

Фациальное и формационное изучение отложений позволяет понять и прогнозировать латеральные изменения физических свойств осадочных горных пород, что способствует правильной интерпретации данных разведочной геофизики¹¹.

Принципиально новой и весьма актуальной стала задача прогноза и поисков некоторых видов ловушек нефти и газа. Дело в том, что по мере исчерпания фонда антиклинальных структур возрастает роль неантиклинальных ловушек, при прогнозе и поисках которых значение фациально-палеогеологических исследований существенно возрастает, а для ряда ловушек становится и ведущим. Теоретическую базу этих исследований составляет то, что при формировании ряда ловушек, получивших удачное название палеогеоморфологических (аллювиально-дельтовых, баровых, рифовых и др.), морфо- и литогенез выступают как две стороны единого процесса, ибо накопление осадочного материала ведет одновременно к образованию и резервуара с соответствующим внутренним строением, и осадочного тела такой морфологии, которая после перекрытия его непроницаемыми толщами геологически очень быстро становится ловушкой. Таким путем в определенной мере респан-

¹¹ См.: Каледа Г. А. Состояние и задачи изучения латеральной изменчивости отложений на тектонических структурах.— В кн.: Латеральная изменчивость состава и физических свойств осадочной толщи в пределах локальных структур и ее отражение в зональности геофизических полей.— Пермь, 1974, с. 12—30 (Тр. Кам. отделения ВНИГПИ, вып. 160).

ется задача нахождения взаимосвязи хотя бы части параметров, характеризующих ловушку углеводородов¹².

Подобные ловушки можно рассматривать в двух аспектах. Во-первых, как элемент единой, более сложной и многокомпонентной системы осадочно-породного бассейна, образование и положение которого в бассейне определяются взаимодействием и сложным соотношением разнообразных процессов (литодинамических, биогенных и т. д.), своеобразно проявляющихся в различных обстановках (климатических, геоморфологических и т. д.). Этот подход с определенной степенью условности может быть назван генетическим, так как он на основе установления генезиса отложений, на основе фациально-палеогеографического анализа позволяет прогнозировать тип и примерное положение ловушек. Во-вторых, рассматривать саму ловушку как подсистему или систему более низкого иерархического уровня со своей морфологией, внутренним строением, характером размещения коллекторов, полупокрышек и непроницаемых отложений. В данном случае знание или обоснованное предположение о генетическом типе ловушек (одиночный или это симметричный риф или асимметричная рифовая система, захороненный бар или речное русло и пр.) позволяет прогнозировать ее морфологию и строение слагающего ее природного резервуара. Ясно, что первый, «генетический», подход важен на этапе прогноза и поисков, а второй, «морфологический», может быть, как правило, реализован при наличии более подробного и детального материала и использован на стадии разведочных работ.

Результаты изучения единства морфо- и литогенеза, устанавливаемого литологией и геоморфологией, а также характера расчленения, петрофизических свойств отложений различных фаций все чаще составляют основу геологически грамотной интерпретации сейсморазведочных данных, особенно при тех разрешающих способностях, которые дает современная техника. И совершенно правы Н. Я. Кунип и Г. Н. Гогоненков, отмечающие необходимость знания седиментологии (как части литологии) для геологов-сейсморазведчиков¹³.

Наряду с традиционными направлениями нефтегазовой литологии (изучение коллекторов и природных резервуаров,

¹² См.: Трофимук А. А., Карогодин Ю. Н., Мовшович Э. Б. Методологические вопросы геологии нефти и газа.— Новосибирск, 1983, с. 67.

¹³ См.: Сейсмическая стратиграфия: Использование при поисках и разведке нефти и газа.— М., 1982, ч. 1 (предисловие редакторов перевода).

а также фациальные исследования) возникает и ряд новых, хотя они пока ограничены в основном породным уровнем. Одно из них связано с детальным сравнительным изучением катагенетических изменений разновозрастных и фациально близких или однотипных отложений в зоне нефтяной (газовой) залежи и вне ее при насыщении пород пластовыми водами. Установление характера катагенетических изменений пород позволяет выявить пути миграции углеводородов, время и условия формирования и переформирования залежей, а особенности катагенетических изменений в зоне современных и древних водонефтяных контактов могут быть основой правильной геологической интерпретации данных разведочной геофизики при локальном прогнозе¹⁴.

Детальное изучение глинистых пород породило представление о том, что их катагенетические изменения, в частности трансформация монтмориллонита в гидрослюда, ведут к гидрогенизации органического вещества и обеспечивают процесс превращения рассеянного органического материала в нефтегазообразование¹⁵.

Подводя итоги, следует отметить, что далеко не все современные аспекты нефтегазовой литологии удалось здесь рассмотреть. Но главное подчеркнуто: нефтяная литология резко расширила комплекс методик и методологических подходов, она все чаще опирается на принципы системного анализа при изучении породно-слоевых ассоциаций и осадочно-породных бассейнов.

Результаты литологических исследований важны для прогноза и поисков, разведки и разработки месторождений, они необходимы при локальном прогнозе нефтегазоносности. Эта наука ныне решает задачи более высокого (надпородного) уровня организации, так как тесно взаимодействует с другими науками и научными направлениями.

¹⁴ См.: Сахибгареев Р. С. Этапность формирования и разрушения залежей по вторичным изменениям коллекторов на древних ВНК.— В кн.: Происхождение и прогнозирование скоплений газа, нефти и битумов. Л., 1983, с. 130—143.

¹⁵ См.: Глинистые минералы терригенных отложений/И. Д. Зхус, С. Г. Саркисян, Л. Н. Макарова, Л. В. Власова.— М.: Наука, 1977.

Раздел II

ОБЩЕНАУЧНЫЕ И ДИСЦИПЛИНАРНЫЕ МЕТОДЫ И ПОДХОДЫ В ГЕОЛОГИИ НЕФТИ И ГАЗА

ГЕОЛОГИЯ НЕФТИ И ГАЗА, ЕЕ СТАТУС, СТРУКТУРА И ВЗАИМООТНОШЕНИЕ С ДРУГИМИ НАУКАМИ ГЕОЛОГИИ (системный и классификационный аспекты)

А. А. ТРОФИМУК, *акад. АН СССР,*
Ю. Н. КАРОГОДИН, *д-р геол.-мин. наук*

Основные функции конкретно-научной методологии в самом общем виде можно условно свести к триединому принципу. Первая и важнейшая функция методологии — организационная, или, точнее, организационно-прогностическая; вторая — гносеологическая и третья — верификационная. Все эти функции имеют непосредственное отношение к рассматриваемой проблеме, поэтому коротко остановимся на их содержании.

Сущность *организационно-прогностической функции* методологии состоит в том, чтобы во все расширяющемся множестве методов получения знания не только выявить единство — единство в многообразии, но и способствовать интеграции знания, интеграции наук.

Кроме того, истинная методология неизбежно расширяет кругозор исследователя, поднимает его над набором фактов, дает ему возможность «предугадать тенденцию и направление развития, так сказать, заглядывать в будущее»¹. Методология выполняет в данном случае роль «повивальной бабки», способствуя рождению нового.

Повышенный интерес представителей науки к методологическим проблемам вызван интенсивной дифференциацией знания и способов его получения. Без надежных методологических опор нетрудно утонуть в бурном потоке приращения знания. И первым и явным признаком приближающейся опасности можно считать обособление научных языков, когда специалисты перестают понимать язык «соседей», исследующих тот же объект. Непонимание возникает и вследствие «концептуальной разобщенности» исследователей, так как «действительность в процессе познания воспроизво-

¹ Заботин П. С. Преодоление заблуждения в научном познании. — М., 1979, с. 109.

дится на основе определенных *гносеологических* концепций, которые выступают в качестве исходных теоретических предпосылок»².

И наконец, *верификационная функция* методологии — оценка, проверка истинности, научности знания. Оценить значение свежих данных, вписать их в систему невозможно без действительных методологических критериев ранжирования знания³.

Основным объектом исследования геологии нефти являются образования и скопления углеводородов (СУВ)⁴. Традиционно считалось, что СУВ встречаются в жидком (нефти), газообразном (газы) и твердожидком (озокерит, природные битумы и др.) состояниях. Менее распространены твердые СУВ типа аптротсолитов, керитов. В зависимости от термодинамических условий УВ могут переходить из одного состояния в другое. Например, «жирные» газы при снижении давления и температуры, как известно, превращаются частично в жидкость (конденсат). Именно потому, что СУВ — это в основном либо жидкости, либо газы, они не имеют своей формы, а «приспосабливаются» к форме твердых тел земной коры. Как известно, основные скопления УВ падаются в осадочной оболочке Земли (литмосфере), которую можно рассматривать как целостную систему, состоящую из породно-слоевых иерархически организованных тел-подсистем. Представления о субординации геологических объектов, об уровнях организации (УО) геологической формы движения материи, пока еще не устоялись и не являются общепринятыми. Но большинство геологов считает, что существуют два таких уровня — минералогический и литологический (породный). К первому уровню относят кристаллы, минеральные зерна, ко второму — породные тела (слои в осадочной оболочке Земли).

Следующий, с нашей точки зрения, уровень — породно-слоевые ассоциации, литмиты (по не формации! Хотя это не согласуется с мнением многих исследователей. Тела данного УО — циклиты. Это иерархически организованные под-

² Методологические проблемы современной науки.— М., 1979, с. 3.

³ См.: **Йорданов Иван**. Наука как логическая и общественная система.— Киев, 1979; **Трофимук А. А., Карогодин Ю. Н., Мовшович Э. Б.** Методологические вопросы геологии нефти и газа.— Новосибирск, 1983.

⁴ Видимо, понятия «скопление» и «образование» необходимо различать, так как не каждое образование можно рассматривать в качестве скопления (по любым скопления — это образования) УВ. Но мы не будем здесь дифференцировать эти понятия, сливая их в понятие «скопление».

системы, подуровни системы следующего уровня — литосферы (осадочной оболочки Земли), которая сама, в свою очередь, есть элемент литосферы.

Выявление иерархической организации литосферы важно потому, что, как уже сказано, форма СУВ зависит от формы твердых геологических тел. Скопления углеводородов — это тела в телах. Согласно одному из важнейших принципов системной методологии — принципу изоморфизма, можно и СУВ представить в виде иерархически организованной системы с теми же уровнями, что и у геологических тел. Следовательно, СУВ — это тела в телах минералогического, литологического, литоморфного и литосферного УО.

Нетрадиционными СУВ являются газогидраты, обнаруженные на континентах (в зонах низких температур и повышенных давлений) и глубоководных частях морей и океанов. Запасы этого вида СУВ приурочены к переходной от литосферы к гидросфере зоне.

Степень развития любой прикладной науки определяется уровнем теоретического развития соответствующей фундаментальной науки.

Если геологию рассматривать как фундаментальную науку о телах геологического УО, и прежде всего о их веществе, структуре, процессах и генезисе, то геологию нефти и газа можно считать прикладной наукой. Она изучает тела в телах, скопления углеводородов, и добывает знание прежде всего о них как полезных компонентах геологических тел на каждом УО.

Таковы, по нашему мнению, объект и статус геологии нефти. Если вновь обратиться к принципу изоморфизма систем, основными аспектами, предметами исследования СУ можно считать их вещественный состав (вещество) и законы его композиции, структурную организацию (структуру), процессы образования (и преобразования) и в конечном счете — генезис. Исследование на любом УО четырех этих основных предметов можно назвать тетрадным принципом познания геологических, в том числе нефтегеологических, объектов.

Выявление иерархической организации геологических тел-объектов и тел в телах позволяет выстроить иерархический ряд не только интегрирующих наук геологии (минералогия → литология → литоморфология и т. д.), но и геологии нефти. Сейчас геология нефти и газа пообъектно не дифференцирована. Однако рано или поздно это должно произойти, так как слишком различны объекты разных уровней организации и методы их исследования.

Иерархический ряд наук геологии нефти и газа предварительно можно представить следующим образом: нефтяная минералогия → нефтяная литология → нефтяная литмология → нефтяная литмосферология → нефтяная литосферология. Пять уровней организации — пять типов объектов этих УО и пять субординированных интегрирующих наук геологии нефти. Кроме того, как уже отмечено, есть еще особый объект изучения — газогидраты. Поскольку они сосредоточены в основном на границе двух сфер, можно предположить, что они будут объектом еще одной науки — геологии гидратов (газогидратологии).

Мы сознаем, что большинство предложенных названий наук звучит пока непривычно, а некоторые из них, возможно, и не приживутся вообще. Но если словосочетание «нефтяная минералогия» и может резать слух, это не избавляет от необходимости изучать данный объект. Более привычно словосочетание «нефтяная литология». В МИНХиГП им. Губкина введен курс лекций с таким названием. Менее употребителен термин «нефтяная литмология», поскольку этот термин и понятие «литмология» («литомология») предложены совсем недавно (1975—1978 гг.).

Основные промышленные скопления углеводородов — залежи и месторождения — приурочены, как известно, не к отдельным породным слоям (и тем более не минеральным зернам), а к слоевым ассоциациям. Поэтому выделение исследований слоевых ассоциаций в самостоятельное направление вполне оправданно и наиболее значимо в практическом отношении.

Хотя термин «литосфера» введен в употребление также недавно, название «нефтяная литмосферология» представляется достаточно точным. Объект этой науки — крупные скопления углеводорода в пределах нефтегазоносных бассейнов (провинций), поясов и литмосферы в целом. Термин «литосфера» можно считать уже достаточно признанным, поэтому производное от него — «нефтяная литосферология» — не должно, вероятно, вызвать особые возражения. В самом деле, выявляя и постигая закономерности образования и размещения скоплений углеводородов, нельзя не учитывать влияние литосферы в целом, процессов дегазации и дегидратации Земли, а воды и газы связаны с углеводородами, их образованием и разрушением.

Таковы, в нашем представлении, иерархическая структура геологии нефти и ее связь с интегрирующими науками геологии.

Применяя принцип тетраединой структуры познания объектов геологии и принцип изоморфизма к объектам нефтяной геологии (телам в телах), т. е. к скоплениям углеводородов, можно утверждать, что объекты любого из рассмотренных УО будут иметь четыре основных предмета исследования, а значит, вещество, структура, процесс и генезис СУВ будут изучаться соответствующими четырьмя науками. Некоторые из этих наук уже сложились, но не дифференцировались по объектам. Так, например, достаточно развита и обособлена наука, изучающая вещество углеводородных образований и скоплений — органическая геохимия, хотя точнее было бы назвать ее «геохимия углеводородных образований».

Менее обособлены и разделены по основным предметам исследования другие науки геологии нефти, но это неизбежно должно произойти в будущем.

Такие сложившиеся в геологии нефти научные направления, как учение об условиях образования и закономерностях размещения залежей нефти и газа, о перспективах нефтегазоносности недр, о поиске и разведке и др., образуют теоретическую базу науки о скоплениях углеводородов того или иного уровня организации, ассимилируя предметное знание (о веществе, структуре, процессах и генезисе) об объекте.

В рассмотренный «каркас» структуры геологии нефти, если в него добавить еще науки-методы, изучающие те или иные свойства предметов, вмещаются все без исключения сформировавшиеся или формирующиеся науки и научные направления. Следовательно, системный подход дает возможность увидеть не только сложившуюся организацию геологии нефти и газа, но и прогнозировать развитие и рождение новых наук и направлений. Это позволяет считать совершенно неверными высказывания некоторых геологов о том, что геология (и тем более прикладные ее науки) якобы не наука, а конгломерат не связанных между собой научных дисциплин и направлений и что в понятийной сфере геологии «парит сплошной хаос». Но в то же время следует отметить, что и геология вообще, и нефтяная геология: в частности достаточно бурно развиваются. Всякое же развитие ведет к тому, что возникает несоответствие старой формы новому содержанию.

Назрела необходимость определенной перестройки и подразделений в системе АН СССР (а также отраслевых НИИ), да и самой науки о нефти. Действительно, структура многих институтов сложилась давно и в течение десятилетий мало меняется. Но поскольку развитие любой прикладной науки зависит от уровня развития соответствующей фундамен-

тальной науки, перестройка исследовательско-организационной структуры геологии нефти должна вызвать преобразование и геологии и составляющих ее наук. Избегая конкретных рекомендаций, остановимся лишь на основных принципах такой организации.

Итак, первый принцип — *принцип субординации*. Хотя это — общеметодологический принцип, но здесь он вполне применим. Следование этому принципу означает, что познание объектов геологии должно быть организовано в соответствии с их иерархической (субординационной) структурой. Исследовательские программы, привязанные к конкретным объектам, должны быть объединены в систему. Соответственно и научно-исследовательские организации должны функционировать как иерархически организованная система. В идеале в системе Академии наук СССР необходимо иметь субординированно связанные подразделения (институты или отделения в институтах), главным объектом деятельности которых были бы минералы и кристаллы (институт минералогии⁵), породы и породные тела (институт литологии и петрологии), породно-слоевые ассоциации, литмиты (институт литмологии), литмосфера (институт литмосферы), литосфера (институт литосферы⁶), земная кора (институт земной коры⁷). Существование трех специализированных институтов по трем из шести объектов (целостным системам) геологии — явное доказательство правомерности и жизненности выдвигаемого принципа организации исследований.

Некоторая непоследовательность в организации институтов, «перескок» с одного, «низшего» (минералогического), сразу на другие, более «высокие» (литосферный и земной коры), уровни объясняется, на наш взгляд, рядом причин.

Системный подход в геологии только начинает внедряться, а в рамках несистемной методологии трудно (если вообще возможно) увидеть системную организацию геологических объектов. На те объекты, системность которых наиболее очевидна, и нацеливаются исследования, специальные и специализированные институты. Немалое значение при этом имеет и наличие лидера, способного организовать, возглавить исследования того или иного геологического объекта, обосновать его самостоятельность и важность.

⁵ Институты минералогии (Институт экспериментальной минералогии, Институт минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов и др.), как известно, существуют.

⁶ Такой институт, как уже сказано, имеется в Москве.

⁷ Такой институт организован и функционирует в Иркутске.

Геологи в общем всегда пытались исследовать целостные природные системы. Однако, не вооруженные системной методологией, они зачастую полагались на свою интуицию, когда эмпирически выделяли объекты как целостные системы. (То же самое происходило и происходит в других науках, например в биологии: существуют Институт цитологии (и генетики) и множество институтов, изучающих группы живых объектов, но нет института, который бы изучал человека в целом.) Вероятно, уже необходимо начать организацию исследований ядра и мантии, а также Земли вообще. Эту «пирамиду» наук о Земле должен венчать институт или совет наук о Земле, выдвигающий проблемы, разрабатывающий перспективные исследовательские программы, координирующий все геологические исследования и т. д.

Институтов с названием «геологический» в структуре академий и министерств немало, но их исследовательские программы недостаточно скоординированы и не дифференцированы по объектам. Это приводит к «растворению» результатов исследований в отчетной документации, что чрезвычайно осложняет их поиск.

Прикладные науки, в том числе геология нефти, должны быть организованы по тому же принципу пообъектной субординации. Возможно, на первых порах целесообразно создавать подразделение по исследованию двух смежных объектов, а с развитием исследований ставить вопрос об объединении и разделении программ.

Второй методологический принцип, который столь же важен, что и первый,— *принцип координации*. Программы исследования геологических объектов всех уровней (равно как и полезных ископаемых, приуроченных к ним) должны быть скоординированы. Необходимо установить тесный, непрерывный взаимный обмен информацией о результатах изучения объектов различных УО и оперативную корректировку этих программ.

Третий познавательный принцип, который может быть конструктивно использован при реорганизации исследовательской структуры геологических подразделений,— *принцип тетраединого познания* геологических объектов любого УО. Это означает, что в институте, занимающемся исследованиями объектов любого из выше названных УО (минералогического, литологического, литмологического и т. д.), должны быть подразделения (отделения, отделы), ориентированные на изучение вещества, структуры, процессов и генезиса (рис. 1). В том или ином виде они существуют в любом геологическом институте, но часто они входят в

**ИЕРАРХИЯ ИНСТИТУТОВ
В СТРУКТУРЕ АН СССР**

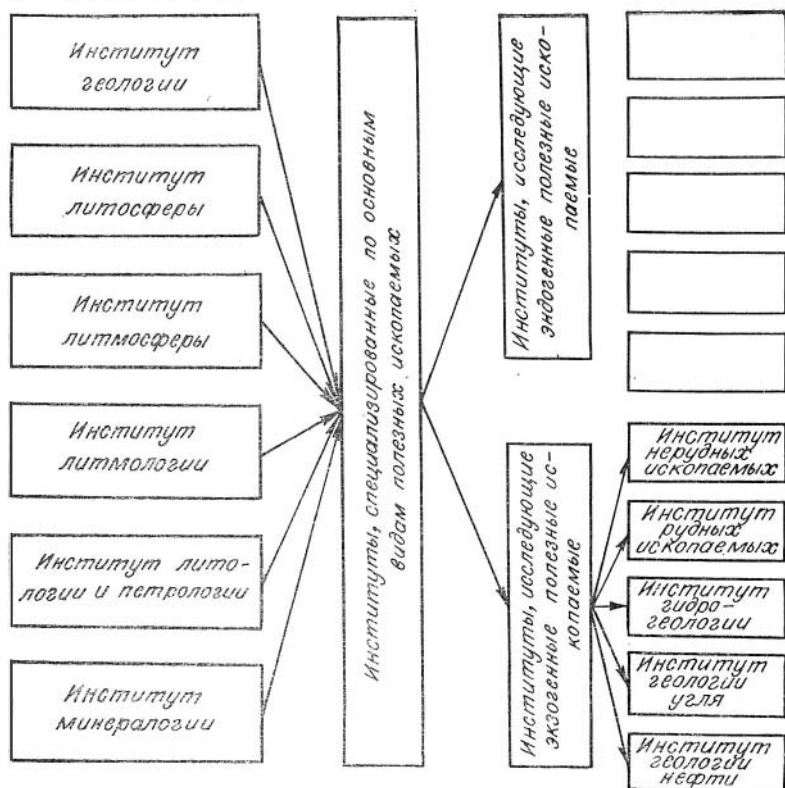


Рис. 1. Схема (проект) иерархической организации фундаментальных и прикладных исследований, специализированных по основным геологическим объектам и по полезным ископаемым.

состав отделов, общеинститутских лабораторий, не увязаны между собой, а уж тем более с аналогичными подразделениями, занятыми исследованием объектов иного УО.

Более мелкие и дробные подразделения институтов должны решать проблемы законов вещества, структуры, динамики и генезиса объектов, изучая различные свойства различными методами. Следовательно, следующее звено в исследовательской структуре (лаборатории, секторы, кабинеты) строится по принципу изучения свойств различными методами. И здесь одна и та же лаборатория может обслуживать несколько отделов или даже все.

В любом институте должно быть два «сквозных», общеподразделенных подразделения (лаборатории, кабинеты) — методологии и математического обеспечения. Если первые так или иначе уже существуют во многих институтах (правда, не всегда имеют самостоятельный статус), то методологических кабинетов ни в одном геологическом институте пока нет. Представляется, что они необходимы в будущем (пусть небольшие по численности) с широким привлечением ведущих специалистов на общественных началах. Они призваны ускорить начавшийся процесс логизации и теоретизации геологии.

Лаборатории математического обеспечения институтов должны обслуживать все подразделения, формировать банк геологических данных и через ВЦ института иметь связь с региональными и общесоюзными ВЦ.

Подчеркнем, что сказанное в полной мере относится как к организации исследований по основным геологическим объектам и фундаментальным наукам, их изучающим, так и к «телам в телах», полезным ископаемым, включая скопления УВ и науку о них — геологию нефти и газа (рис. 2). Те предметы исследования, которые недостаточно четко обособлены, могут быть на первом этапе объединены. Так, геологам бывает нелегко разделить понятия процесса (динамики) и генезиса, поэтому на первых порах можно организовать единый отдел динамики (процессов) и генезиса (минералов, пород, породно-слоевых ассоциаций и т. д.).

Очень важна координация исследований и исследовательских программ и на предметном уровне. Сейчас же явно наметились две нежелательные тенденции. Суть первой в том, что нередко происходит экспансия того или иного нового метода в смежные сферы науки. При достаточной энергии приверженцев такого метода может произойти нежелательное перераспределение средств и научных сил в ущерб развитию других методов. Вторая тенденция — это стремление лабораторий, изучающих те или иные свойства теми или иными методами, ставить задачи и составлять исследовательские программы «самим себе». При этом часто теряется из виду не только основной предмет, но и объект исследования. Безусловно, какая-то часть исследований должна быть направлена и на решение своих, внутренних задач и проблем, связанных главным образом с развитием метода, но не в этом главный смысл их существования.

Исследования в области теоретической и прикладной геологии в отраслевых НИИ должны быть скоординированы между собой и с программами подразделений АН СССР.

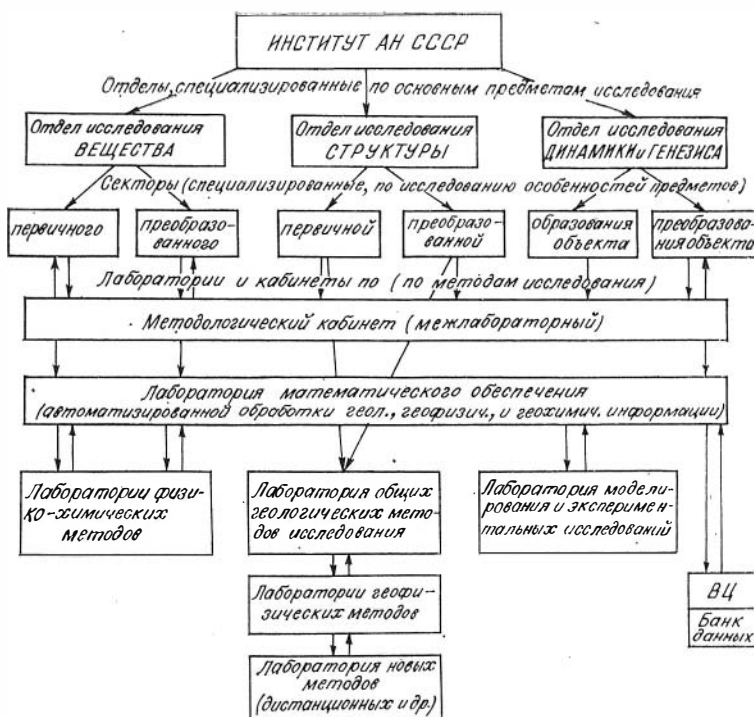


Рис. 2. Схема (проект) структуры института, специализированного на исследовании одного из основных объектов геологии.

Как отмечалось еще на XXV съезде КПСС, важно и необходимо «поднять роль Академии наук СССР как центра теоретических исследований, координатора всей научной работы в стране»⁸. Системная методология — как важная составная часть марксистской методологии — призвана и способна активно содействовать осуществлению этой задачи.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ СОЗДАНИЯ ОБЩЕЙ ТЕОРИИ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ НЕДР

Б. А. СОКОЛОВ, д-р геол.-мин. наук

Важной особенностью современного этапа познания строения Земли является глобальность, предопределяемая в первую очередь широкими геолого-геофизическими исследованиями дна Мирового океана и изучением Земли из кос-

⁸ Материалы XXV съезда КПСС.—М., 1976, с. 213.

моса. Новые данные позволили рассматривать нашу планету в качестве огромной развивающейся термодинамической машины, сложной системы взаимозависимых элементов.

Поэтому на первый план выдвинулась задача создания единой теории Земли. Однако «создание такой теории возможно лишь с окончательным выяснением общих закономерностей развития вещества и структуры нашей планеты, механизма, приводящего к структурно-вещественным преобразованиям земной коры, мантии и ядра»¹.

Разработка общей теории Земли во многом будет зависеть от уровня развития отдельных наук и от общего состояния методологии геологических, геохимических и геофизических исследований. Необходимо, следовательно, используя последнее достижение естественно-исторических наук, дать более полное определение предмета изучения той или иной научной геологической дисциплины, установить иерархическую соподчиненность объектов исследования, выявить структурные и генетические связи между объектами данной ветви геологической науки и другими ее ветвями; определить место конкретной научной дисциплины среди других геолого-геофизико-геохимических дисциплин. Все это справедливо и в отношении геологии и геохимии нефти и газа.

Как известно, становление геологической научной дисциплины, занимающейся изучением месторождений нефти и газа, произошло в конце 20 — начале 30-х годов и связано в первую очередь с именем И. М. Губкина. До этого геология нефти и газа была составной частью общего учения о полезных ископаемых. И. М. Губкин в первом издании книги «Учение о нефти» (1932) обосновал необходимость выделения геологии нефти и газа в отдельную научно-прикладную дисциплину, которую называл нефтеведением, нефтяной геологией. В этой книге он «сделал попытку подойти к процессу нефтеобразования и к процессу образования нефтяных месторождений с диалектической точки зрения, исходя из той мысли, что этот процесс представляет одну из струй единого великого диалектического процесса развития нашей Земли ... рассматривал не статику, а динамику форм и явлений, связанных с этим процессом и им обуславливаемых»². Губкин подчеркивал, что предметом нефтяной геологии является единый целостный естественно-исто-

¹ Яншин А., Голованов Я. Современная геология — наука новых задач и возможностей. — Коммунист, 1984, № 11, с. 71.

² Губкин И. М. Учение о нефти. — М., 1975, с. 8—9.

рический процесс возникновения нефти и образования ее скоплений в земной коре. Эти положения предопределили дальнейшее развитие геологии и геохимии нефти и газа как самостоятельной ветви геологической науки, имеющей свой объект исследования, свои теоретические построения, методические приемы и методологию познания.

В последнее время в связи с развитием системного подхода к нефтегазгеологическим исследованиям предпринимаются попытки дать более развернутое определение нефтегазовой геологии, подведя это понятие под наиболее широкую, глобальную категорию. Такие попытки основаны, в частности, на представлении о том, что любая наука, претендующая на самостоятельность, должна иметь объектом исследования конкретную материальную систему в масштабе всей планеты. Поэтому объектом гидрогеологии, например, является, по Ф. П. Саваренскому, подземная гидросфера, или, по Н. И. Плотникову, — гидрогеосфера, а объектом океанологии — Мировой океан, или, по В. Н. Степанову, — океаносфера.

В отношении нефтегазовой геологии аналогичные попытки предприняты рядом исследователей. Так, например, предложено выделять «целостную нефтегазовую геологическую мегасистему», представляющую собой совокупность нефтегазоносных формаций, структурных элементов, контролирующих нефтегазонакопления различных категорий, и типов региональных нефтегазоносных территорий, зон нефтегазонакопления и скоплений нефти и газа. Все это рассматривается как элемент мегасистемы, «взаимосвязанные звенья единого естественно-исторического процесса нефтегазообразования и нефтегазонакопления»³.

Методологические вопросы геологии нефти и газа подробно рассмотрены в книге А. А. Трофимука с соавторами⁴, в которой, в частности, сказано, что геология нефти является прикладной геологической наукой. Однако это противоречит представлению И. М. Губкина о нефти как естественно-историческом явлении, характерном для развития нашей планеты. К тому же в результате терминологического конструирования единая наука «Геология нефти» распалась на два ряда дисциплин: один включает нефтяные литосферологию, литмосферологию, литмологию, литологию, минерологию, а другой — геохимию углеводородных образований, струк-

³ Бакиров А. А., Судариков Ю. А. Губкинские чтения 1983 г.— Геол. нефти и газа, 1984, № 10, с. 62.

⁴ См.: Трофимук А. А., Карогодин Ю. Н., Мовшович Э. Б. Методологические вопросы геологии нефти и газа.— Новосибирск, 1984.

турную, динамическую и генетическую геологии нефти. Нетрудно видеть, что первый ряд строится на основе представлений о нефтегазовых породах, а второй — на основе различий в методологических подходах к изучению геологии нефти и газа.

При решении вопроса о предмете изучения геологии нефти и газа следует, видимо, начинать с вещественного состава этих полезных ископаемых, рассматривая их как специфическую форму организации материи, которая, говоря словами И. М. Губкина, и есть одна из «струй эволюционного развития Земли».

Глобальность распространения углеводородных соединений, их устойчивость и автономность по отношению к внешним влияниям, огромный энергетический потенциал, особенности химического состава и динамических свойств — все это позволяет выделить всю совокупность нефти, ее производных и углеводородных газов земной коры в качестве самостоятельной оболочки Земли, названной углеводородной сферой, или увосферой (гидрокарбосферой)⁵. Такой подход развивает представления о нефти, газе и других каустобиолитах В. И. Вернадского, И. М. Губкина, Н. Б. Вассоевича. В. И. Вернадский видел причины образования нефти и других горючих ископаемых в развитии биосферы. Он считал, что образование нефти — одно из проявлений процесса передачи энергии Солнца через живое вещество в глубокие слои планеты.

Н. Б. Вассоевич вслед за В. И. Вернадским полагал, что горючие ископаемые объединяются по общности материально-энергетического первоисточника, что своим образованием они обязаны живому веществу биосферы и являются неперенным следствием развития планет земного типа. Не случайно одну из своих статей о нефти он назвал «Наследие древней биосферы». Заслуживают внимания и соображения И. В. Высоцкого, считающего нефть и газ формой посмертного существования биологической энергии.

Таким образом, все эти ученые обращают внимание на теснейшую связь каустобиолитов с биосферой. Поэтому, с нашей точки зрения, увосфера является трансформированной погребенной биосферой, которая приобрела новую качественную и количественную характеристики. Увосферу следует рассматривать в качестве самой крупной иерархической единицы геологии и геохимии нефти и газа, представ-

⁵ См.: Соколов Б. А., Мельников Ф. П. Углеводородная сфера Земли. — Докл. АН СССР, 1981, т. 261, № 2, с. 471—474.

ляющей собой материальную автономную целостную систему со своим вещественным составом и организованностью, физико-химическими параметрами существования, морфологической выдержанностью, специфической внутренней структурой и соподчиненностью отдельных составляющих ее элементов, историей и условиями образования, присущим только ей запасом внутренней энергии.

Под увосферой понимается пространство существования углеводородных соединений, которые могут находиться в газовом, жидком, полужидком и твердом состояниях, а также в виде аквабитумоидов в подземных, преимущественно минерализованных, водах и в виде газово-жидких включений в жильных и гнездовых минералах. Концентрация углеводородных соединений может колебаться в очень больших пределах — от гигантских скоплений газа, нефти, битумов до микроскопических нефтяных капель и ничтожнейших количеств углеводородных газов, растворенных в подземных водах.

Увосфера, как биосфера и нижняя часть гидросферы (подземная гидросфера), не имеет своего обособленного пространства, а располагается в трещинно-поровом пространстве верхней части литосферы, образованной осадочными, метаморфическими и частично кристаллическими породами, в значительной степени уже занятой подземной гидросферой. Мощность увосферы зависит как от физико-химических условий сохранения углеводородных соединений, так и от масштабов трещинно-порового пространства. Нижняя граница увосферы, по-видимому, глубины с температурой до 300—400°C, где происходит деструкция углеводородов на составные части. Верхняя граница совпадает с приповерхностной зоной, в пределах которой свободный кислород превращает углеводороды в воду и углекислый газ. Мощность увосферы меняется от первых сотен метров (в океанах) до 15 и более километров в утолщениях стратисферы.

Таким образом, увосфера Земли представляет собой прерывисто-непрерывную среду в земной коре, характеризующуюся разной мощностью и неодинаковой концентрацией углеводородных соединений и скоплений в различных своих частях как по разрезу, так и по площади, в пределах которой осуществляются образование, перемещение и эволюция углеводородных соединений.

Согласно истории формирования, характеру и масштабу концентрации углеводородных соединений, увосфера распадается на внешнюю — активную и внутреннюю — пассивную части, связанные между собой эволюционным переходом.

Активная увосфера приурочена к осадочному слою Земли, в процессе литогенеза которого происходит активная генерация УВ. В ней сосредоточена подавляющая часть жидких, газовых и твердых скоплений УВ. Пассивная увосфера, бывшая в прошлом активной, сейчас находится в преобразованных процессах метаморфизма осадочных толщах и содержит (в ограниченных количествах) в основном метан, а также скопления твердых углеродсодержащих соединений (графит, шунгит и др.) — продукты глубокого метаморфизма нефтяных скоплений, образованных на этапе активного ее существования.

Характерной чертой увосферы является постоянное ее обновление. На смену разрушающимся углеводородным соединениям и скоплениям в процессе эволюции земной коры возникают все новые и новые порции УВ, образующие новые скопления. Формирование новых залежей нефти и газа может происходить в геологическом смысле достаточно быстро, в течение первых миллионов лет. Другая черта увосферы — подвижность углеводородных соединений, т. е. способность перемещаться в пределах стратисферы. Третья особенность — фазовые превращения углеводородных скоплений, чутко реагирующих на изменения физико-химических параметров их существования.

Части внешней увосферы, располагающиеся в мощных линзах осадочных пород, где имеют место процессы энергичного нефтегазообразования за счет рассеянного органического вещества и нефтегазонакопления, выделяются в качестве углеводородных (нефтегазоносных) осадочных бассейнов.

Увосфера возникла на достаточно ранних стадиях существования Земли, одновременно с появлением биосферы, более 3,5—4,0 млрд. лет назад, т. е. в архее. Она результат взаимодействия биосферы, гидросферы, литосферы и верхней оболочки мантии. За это время (в первую очередь за счет катагенетического преобразования рассеянного органического вещества осадочных пород) образовалось колоссальное количество нефти и газа, которые отчасти разрушились, отчасти пополнили запасы существующих ныне месторождений.

Определенный вклад в создание увосферы вносит органическое вещество первично-осадочных метаморфических пород, благодаря которому в порово-трещинном пространстве этих толщ появляется некоторое количество углеводородов, главным образом метана.

На формирование увосферы заметное влияние оказывают также верхняя мантия и ее внешняя часть — астеносфе-

ра. Верхняя мантия является чрезвычайно активной сферой Земли, порождающей минеральную часть литосферы и тектонические процессы, протекающие в ней. Астеносфера, нагретая до температур 900—1200°C, — основной источник тепловой энергии, необходимой для нефтегазообразования, идущего в осадочных толщах и описанного осадочно-миграционной теорией Н. Б. Вассоевича. Кроме того, верхняя мантия как прародительница гидросферы и атмосферы своей дегазацией способствует обогащению стратисферы водородом, метаном, углекислотой, водой, сероводородом, которые, по всей видимости, участвуют в создании увосферы. Именно эти газовой-жидкие поднимающиеся потоки являются носителями тепла и определяют повышенные значения геотермических градиентов в рифтовых и геосинклинальных прогибах, способствуя активному «созреванию» органического вещества осадочных пород и генерации углеводородов. Эти сильно нагретые потоки способствуют также извлечению «зрелых» углеводородов из материнских толщ и миграции их по пластам-коллекторам.

Наиболее интенсивными участками дегазации мантии являются рифтовые зоны, где породы мантии приближены к земной поверхности. И хотя пока нет еще качественных и количественных оценок влияния газовых струй, возникающих при дегазации мантии, на процессы нефтегазообразования, идущие благодаря органическому веществу осадочных пород, и создание увосферы, тем не менее можно предполагать, что флюидный поток, попадающий в осадочные бассейны, оказывает определенное воздействие на качество увосферы и перемещение в ней углеводородов.

Итак, можно считать, что создание общей теории нефтегазоносности земных недр должно базироваться на представлении о том, что образование нефти и газа — закономерный результат взаимодействия основных оболочек Земли: биосферы, гидросферы, литосферы и верхней мантии. Биосфера развивается, усваивая главным образом энергию Солнца. Продукты ее деятельности, транспортируясь и изменяясь в промежуточной сфере седиментации (седиментосфера), т. е. в наземной гидросфере, оказываются погребенными в верхних частях литосферы. Там под воздействием глубинного тепла, переносимого флюидным потоком, основным источником которого является разогретая верхняя мантия, и происходит преобразование органического вещества и новообразование жидких и газовых углеводородов, отрывающихся от материнской породы и мигрирующих по проницаемым толщам, образуя их скопления.

Необходимо еще раз подчеркнуть, что углеводородная сфера образовалась под воздействием внешних (экзогенных) сил и внешних источников энергии (прежде всего — Солнца), а с другой — под воздействием внутренних (эндогенных) сил и внутренних источников энергии. Оба эти фактора воздействия тесно связаны друг с другом, и недооценка любого из них может привести к неправильным выводам о причинах происхождения нефти и газа и формирования их месторождений.

Понятие об углеводородной сфере «имеет большое значение для разработки обобщенных представлений об образовании нефти, природного газа и их залежей, а также является залогом более широкого подхода к их поиску»⁶.

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ИССЛЕДОВАНИЮ НЕФТЕГАЗООБРАЗОВАНИЯ

Ю. К. БУРЛИН, д-р геол.-мин. наук

Современный подход к нефтегазообразованию предполагает наличие некоторых условий, определяющих существование систем, в пределах которых зарождаются, развиваются, достигают максимума, а затем и угасают процессы генерации углеводородов и формирования их скоплений.

В настоящее время накоплено немало фактов, подтверждающих связь всех органических соединений, от разнообразных групп в живых организмах до почти косных тел в зоне метазенеза. Последовательность событий, одним из которых является нефтеобразование, развивается по схеме: живое вещество биосферы → захороненные в осадках продукты деградации этого вещества и метаболиты → дальнейшее разложение органического вещества в диагенезе (где оно является ведущим фактором) → преобразование органического вещества в минеральной части (где ведущая роль переходит уже к другим факторам) → возникновение углеводородов нефти. На этом цепь событий, конечно, не заканчивается, потому что с формированием скоплений нефти начинается новый этап истории. Большинство углеводородных газов тесно связано с нефтью единством происхождения, хотя они в то же время и часть мощного круговорота летучих газовых веществ, охватывающего все оболочки Земли.

⁶ Косыгин Ю. А. Земля и общество.— *Вопр. философии*, 1984, № 7, с. 49.

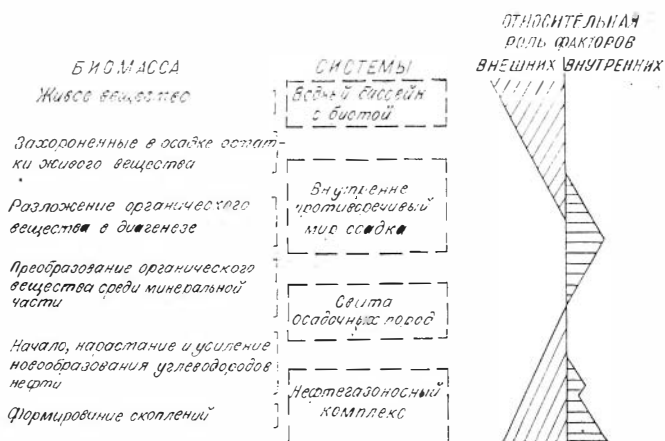
Общие закономерности перечисленного ряда явлений были подмечены И. М. Губкиным, а затем развиты И. О. Бродом, А. А. Трофимуком, Н. Б. Вассоевичем, А. М. Акрам-ходжаевым, Н. А. Еременко, С. П. Максимовым, С. Г. Неручевым, А. Э. Конторовичем и другими учеными. В данной же статье основные ступени этого ряда рассматриваются с методологических позиций с целью выявления роли внешних условий и внутренних факторов. Преобразование органического вещества в осадках и породах является частью литогенеза, в то же время генерация углеводов шире рамок литогенеза, и в этом есть некое диалектическое противоречие. Генерация углеводов и начинается раньше, и далее может происходить вне рамок литогенеза.

Согласно современному пониманию нефтегазообразования, на каждом этапе своего развития оно представляло собой некоторую систему динамически связанных элементов, существующую в определенных условиях. Такие системы развивались под воздействием внешних и внутренних факторов. Поэтому в геологическом исследовании очень важно правильно оценить роль тех и других факторов на каждом этапе развития системы. Обычно выделяются следующие системы: водный бассейн с биотой → осадок на стадиях син- и диагенеза → осадочная свита → нефтегазопосыльный комплекс.

Внешние условия особенно сильно влияют на начальные и конечные составляющие этого ряда систем. В системе водного бассейна составом растворенного, взвешенного и живого органического вещества закладывается база образования углеводов. Преобладание растительного или животного вещества зависит от расположения бассейна. Биоценозы в водах чутко реагируют на изменение внешних условий. Как показали исследования советских биологов и геохимиков, существует общая генеральная направленность изменения биоценозов, что отражает необратимую эволюцию жизни и в какой-то степени определяет характер нефтей.

В массе органического вещества, размещенной между фотическим слоем и осадком в зависимости от внешних управляющих гидростатических и гидродинамических факторов (глубины, течения, изменения pH и Eh среды), могут произойти значительные или непачительные потери загропяющего ОВ, в некоторых случаях может его масса даже увеличиться. Все это скажется на потенциале будущих нефтематеринских толщ.

Следующий, диагенетический, этап — системы осадков. Осадок как система наследует черты биоценоза, т. е. опо-



Влияние внутренних и внешних условий на саморазвивающиеся системы.

средован результатом развития предыдущей системы. Происходит передача некоторых признаков, которые в новой комбинации будут выступать как системообразующие факторы.

В системе осадка органическое вещество является наиболее действенным фактором и действие внешних условий ослабевает. Причем если в осадке много органического вещества, не важно, на какой глубине он залегает. В процессе диагенеза ведущую роль играют соединения липидно-липидной природы — от углеводов, жирных кислот до геополимеров различного строения, образующих массу нефтематеринского вещества. Геополимеры наследуют в своих структурах строение биополимеров.

Уменьшение влияния внешних факторов на систему осадка можно видеть в том, что геополимерная форма существования липидно-липидных соединений сохраняет устойчивость до начала катагенеза и даже немного дальше. Количественная характеристика и качественный состав полимеров зависит от существовавших в предыдущих системах организмов. И поскольку биосфера эволюционирует, эволюционирует и нефтеобразование¹.

В дальнейшей трансформации систем вновь усиливается влияние внешних условий (температуры, радиоактивности), но уже в катагенезе (см. рисунок). На этом уровне развития системы существуют как породные ассоциации.

¹ См.: Ломатин Н. В. Эволюция биосферы и горючие ископаемые. — Изв. АН СССР. Сер. геол., 1979, № 7, с. 5—22.

Степень влияния внешних и внутренних факторов зависит от времени нефтеобразования: в более раннем (диагенез или даже протокатагенез) периоде нефтеобразования довлеют внутренние факторы. При образовании основной массы углеводородов на более поздних этапах уже в катагенезе (главная фаза нефтеобразования) довлеют внешние воздействия, и прежде всего термические. В недрах осадочного бассейна под влиянием тепла возникает, по выражению А. А. Трофимука, «котел-реактор». Решающие изменения в органическом веществе вызываются деструкцией геополимеров. Лавинообразное нарастание их распада приводит к выделению подвижных продуктов, составляющих основную массу бензиновой и керосиновой фракций нефти². Это главная фаза нефтеобразования.

Нефтегазоносны многие осадочные формации, потому-то так важно выявить их роль в образовании нефти. Развитие процесса нефтеобразования зависит от типа осадочной формации. Следовательно, геологу необходимо знать, на каких этапах и каким образом осадочные формации, содержащие потенциально нефтематеринские свиты, превращаются в нефтегазоносные комплексы. В каждой формации создаются определенные условия для интенсивного образования и созревания углеводородов в среде нефтематеринских пород. Кроме того, каждая формация характеризуется конкретными обстановками и временем формирования природных резервуаров и коллекторов. Реализация потенциала нефтематеринских пород в дальнейшем будет зависеть от наличия или отсутствия коллекторов. Смещение пика углеводородообразования под воздействием минеральной среды и состава исходного органического вещества отражает активность внутренних факторов на фоне решающего влияния внешних.

В геологической литературе было показано, что нефтегазообразование сильно зависит от состава материнских пород, скорости их литификации и последующих изменений³. Эта зависимость может быть проиллюстрирована на примере терригенно-кремнистых толщ, развитых в кайнозойских бассейнах Тихоокеанского кольца и других районов. Отложения

² См.: Вассоевич Н. Б. О происхождении нефти.— Вестн. МГУ. Сер. геол., 1975, № 5, с. 8—24.

³ См.: Иванов В. В. Влияние минеральной среды на динамику нефтеобразования.— Докл. АН СССР, 1980, т. 254, № 2, с. 440—443; Бурлин Ю. К., Баженова О. К., Кариюшина Е. Е., Конюхов А. И. К проблеме нефтеобразования в кремнистых толщах геосинклинальных областей.— Вестн. МГУ. Сер. геол., 1976, № 3, с. 3—14; Бурлин Ю. К. Нефтеобразование в геосинклинальных осадочных формациях Тихоокеанского пояса.— М., 1981.

со значительным содержанием органогенного кремнистого материала (диатомиты, туфодиатомиты), обогащенные органическим веществом с повышенным содержанием соединений алифатической и алициклической структуры (алинового типа, по Н. Б. Вассоевичу), становятся материнскими для нефтяных углеводородов уже в самом начале катагенеза, т. е. очень рано по сравнению со многими другими толщами иного состава, в более мягких внешних термобарических условиях. Наряду с повышенным содержанием и благоприятным составом исходного рассеянного органического вещества важным фактором здесь оказывается и быстрая трансформация кремнезема, т. е. не только изменение поверхностной энергии минеральной решетки (с отдачей части ее на преобразование органики), но и перестройка структуры гидратированной воды. Такие же специфические свойства (в частности, раннее начало генерации нефтяных углеводородов на глубине до 500—700 м) кремнистые породы имеют и в других, в том числе калифорнийских, районах. Эту специфику кремнистых толщ в нефтеобразовании можно определить как биокремнистый фактор. Нафтидогенез, обусловленный внешними факторами в сочетании с внутренними свойствами системы, происходит особым образом.

Отмечая различия нефтеобразования в разных формациях, можно ставить вопрос о формационной нафтидогении. Работами А. Н. Дмитриевского, например, выявлена специфика влияния соленосных толщ в недрах на все процессы преобразования пород и содержащихся в них веществ (органическое вещество, вода и др.). Катагенез, преобразование минералов и генерация углеводородов здесь задерживаются. По-особому происходит преобразование органического вещества и в карбонатных толщах. В принципе формации можно ранжировать по времени и масштабности нефтеобразования, да и газообразования, т. е. составить диаграмму нафтидогении. Она будет, в частности, отражать как бы дисперсию главной фазы (зоны) нефтеобразования по формациям.

Весьма существенна также эмиграция образовавшихся углеводородов. Осадочный нефтегазоносный бассейн является единой природной целостной системой, состоящей из подсистем, или систем более низкого ранга, — нефтегазоносных комплексов. Открытость — закрытость систем очень сильно влияет на полноту реализации внутренних свойств. Созревшим углеводородам необходимы пути движения и такие участки, где они могли бы скапливаться.

Итоги глубокого бурения в Мексиканском заливе, Бакинском архипелаге убеждают в том, что в мощных глини-

стых толщах, не содержащих коллекторских прослоев, отток отжатой связанной воды (которая также выносит углеводороды) затруднен, что приводит к задержке всех процессов катагенеза как в минеральной, так и в неминеральной части пород. В этом отражается воздействие внешних факторов развития, в частности наличия или отсутствия коллекторов рядом с нефтематеринскими слоями. Однако структура баженигов, доманикитов изменяется даже без привноса или оттока дополнительного материала. Так, при изучении кремнистых толщ выяснилось, что внутренняя перестройка их структуры вызывается переходом одних форм кремнезема в другие (особенно легко он видоизменяется в молодых породах). При этом возникают свободные пространства в виде пор среди вновь образующихся глобул, а отделяющаяся связанная вода способствует развитию трещиноватости. Это способствует первичной эмиграции нефти на самых ранних стадиях катагенеза или возникновению скоплений в сингенетично нефтегазоносных толщах.

Таким образом, вследствие различия условий (наличие более или менее готового к продуцированию нефти органического вещества, чередование глинистых и коллекторских слоев, большая или меньшая устойчивость минеральной части породы к преобразованию) в толщах главная фаза нефтеобразования начинается в разной термодинамической обстановке, а главная зона нефтеобразования располагается на разных глубинах. Затем все — от первичной эмиграции до формирования скоплений — происходит под влиянием внешних (и) или внутренних факторов. Определенное значение имеет и то, как долго определенная порода залегала на определенной глубине. Пребывание пород на меньших глубинах, по более длительное время может привести к таким же результатам, как и в случае пребывания пород на больших глубинах в течение более короткого времени.

Воздействие внешней среды чаще всего оказывается главной причиной развития систем. Динамика развития нефтегазоносных бассейнов и рождения нефти в них наиболее полно раскрывается лишь при системном подходе, который позволяет выяснить время генерации, понять особенности формирования и распределения скоплений углеводородов. Условия преобразования всякой породы зависят от ее окружения. Но есть этапы, общие для всех отложений (например, диагенез), когда собственные внутренние движущие факторы системы выступают на передний план. Разрабатывая теорию и методологию поисков нефти, нельзя этого не учитывать.

НЕФТЕГАЗОГЕОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ С ПОЗИЦИЙ СИСТЕМНОГО ИСТОРИКО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ПОДХОДА

• И. И. СКВОРЦОВ, *канд. геол.-мин. наук*

Формирование скоплений нефти и газа в разрезе литосферы находится в тесной генетической связи с развитием тектогенеза и литогенеза, что отражает историко-геологический характер этого сложного динамичного процесса. Естественно, что решение вопросов прогнозирования нефтегазонасыщенности недр, важнейшей составной частью которого является нефтегазogeологическое районирование, должно осуществляться на базе историко-геологического подхода, что неоднократно подчеркивалось в работах А. А. Бакирова (1973—1984).

Историко-геологический принцип изучения вопросов нефтегазogeологического районирования предопределяет необходимость углубленного рассмотрения методологических аспектов районирования как модельного построения, широкого привлечения системных методов исследований, основанных на признании системно-исторического характера нефтегазogeологических объектов и их иерархизированной структуры.

Рассматривая с позиций системно-структурного подхода проблему нефтегазogeологического районирования и принимая предложенные А. Н. Дмитриевским¹ две ветви иерархии природных геологических объектов — литолого-генетическую и нефтегазовую, целесообразно дополнить их структурно-тектонической ветвью иерархии и ветвью иерархии категорий нефтегазogeологического районирования (схема 1). На представленной схеме каждая из ветвей иерархии соответствует самостоятельной геологической системе, отвечающей требованию эмерджентности. Действительно, литолого-нефтегазовая ветвь иерархии отличается свойством нефтегазонасыщенности осадочных образований, ветвь иерархии категорий нефтегазogeологического районирования в отличие от структурно-тектонической ветви обладает таким эмерджентным свойством, как способность прогнозирования нефтегазонасыщенных тектонических элементов.

Ветвь иерархии нефтегазogeологического районирования является самостоятельной сложной геологической системой, синтезирующей, с одной стороны, структурно-тектоническую

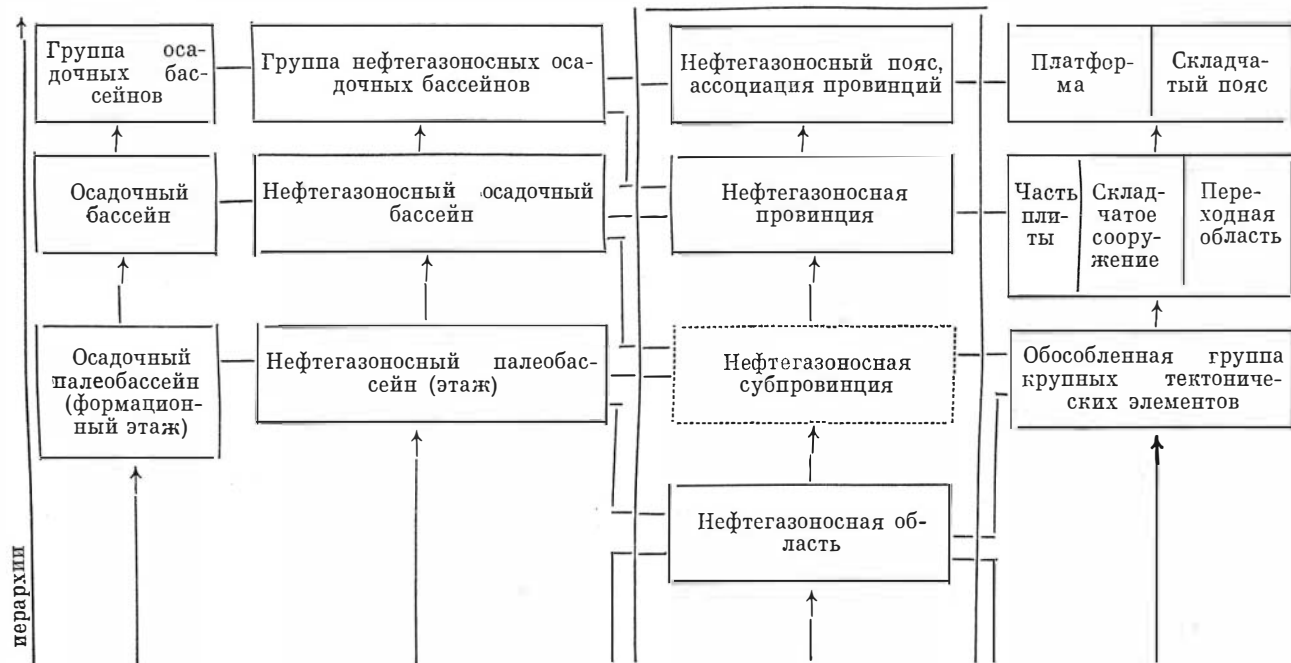
¹ См.: Дмитриевский А. Н. Системный литолого-генетический анализ нефтегазонасыщенных осадочных бассейнов.— М., 1982, с. 10.

Литолого-генетическая ветвь иерархии (по А. Н. Дмитриевскому, 1982)

Литолого-нефтегазовая ветвь иерархии (по А. Н. Дмитриевскому, 1982; с дополнениями)

Ветвь иерархии категорий нефтегазогеологического районирования

Структурно-тектоническая ветвь иерархии



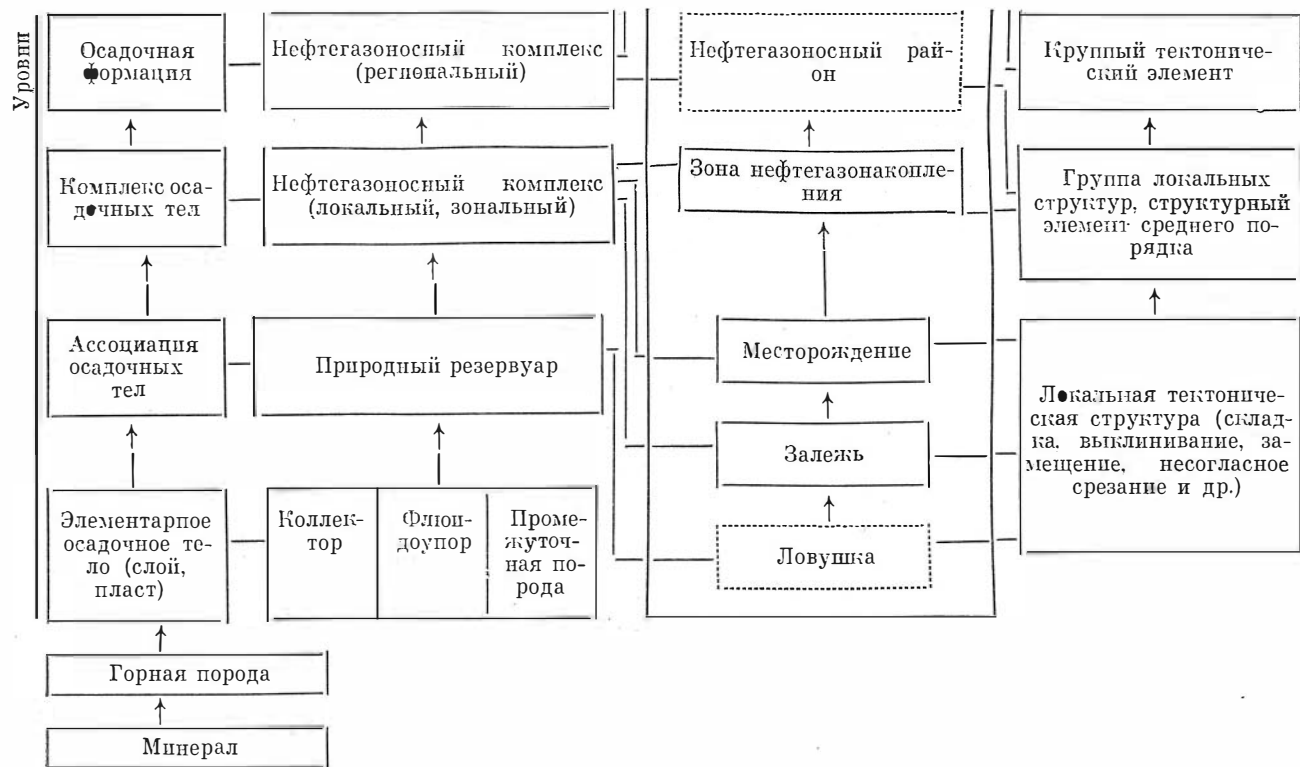


Схема 1. Соотношение ветвей иерархии геологических объектов.

ветвь иерархии и, с другой — литолого-нефтегазовую ветвь. Множественность горизонтальных связей, соответствующих уровням иерархии, отражает сложность и неопознанность системных взаимосвязей коррелируемых ветвей иерархии, что подчеркивает открытый характер системы нефтегазogeологического районирования, т. е. ее тесную функциональную связь с другими геологическими системами.

Сопоставление объектов иерархии литолого-нефтегазовой ветви и ветви категорий нефтегазogeологического районирования показывает системно-структурное взаимодействие таких субпараллельных объектов иерархии, как природный резервуар — ловушка; локальный и зональный нефтегазоносный комплекс — залежь и месторождение нефти и газа; региональный нефтегазоносный комплекс — нефтегазоносный район и нефтегазопосная область; нефтегазоносный палеобассейн — нефтегазоносная область и нефтегазоносная субпровинция; нефтегазоносный осадочный бассейн — нефтегазопосная субпровинция и нефтегазопосная провинция; группа нефтегазоносных осадочных бассейнов — нефтегазопосная провинция, нефтегазоносный пояс, ассоциация провинций. Очевидно, что соответствующие объекты литолого-нефтегазовой ветви иерархии составляют материальную, вещественную основу объектов иерархии категорий нефтегазogeологического районирования.

Структурообразующую, т. е. генетическую, основу объектов иерархии нефтегазogeологического районирования создают объекты структурно-тектонической ветви иерархии. При этом локальная тектоническая структура (складка, выклинивание, замещение, несогласное срезание) соответствует ловушке, залежи и месторождению нефти и газа; группа локальных структур и структурно-тектонический элемент среднего порядка — зоне нефтегазонакопления и нефтегазопосному району; крупный структурно-тектонический элемент — нефтегазопосной области; обособленная группа крупных тектонических элементов — нефтегазопосной области и нефтегазопосной субпровинции; часть плиты, складчатое сооружение; переходная область — нефтегазопосной субпровинции и провинции; платформа, складчатый пояс — нефтегазопосному поясу и ассоциации нефтегазопосных провинций.

Среди категорий иерархии нефтегазogeологического районирования особое место принадлежит нефтегазопосной области, соответствующей одному из конкретных крупных геоструктурных элементов структурно-тектонической ветви иерархии и нефтегазопосному палеобассейну (или части его)

литолого-нефтегазовой ветви иерархии, что подчеркивает историко-геологическую основу ее выделения как одной из основных единиц нефтегазогеологического районирования.

Исходя из общих методологических положений системного подхода, процедуру нефтегазогеологического районирования как модельного построения можно расчленить на три последовательные обособленные операции, формирующие соответствующие взаимосогласованные концептуальные модели:

- 1) классификационную модель (схему),
- 2) модели реальных объектов районирования,
- 3) региональную модель (схему, карту) нефтегазогеологического районирования изучаемого участка земной коры².

Содержание классификационной (таксономической) модели (схемы) нефтегазогеологического районирования определяется теоретическими взглядами исследователя и в значительной степени зависит от целей и задач районирования. Существенную роль играет при этом масштаб исследований. В случае региональных исследований, ориентированных, например, на выделение зон нефтегазонакопления в пределах нефтегазоносных областей, построение классификационной (таксономической) модели может осуществляться по общей схеме, представленной на рис. 1. В соответствии с предлагаемой схемой классификационные категории зон нефтегазонакопления определяются структурообразующими факторами (как единичными, так и их комбинациями) и нефтегазогеологическими факторами, формирующими таксономические категории зон нефтегазонакопления применительно к конкретным нефтегазоносным областям. Перечень теоретически возможных типов зон нефтегазонакопления определяется с учетом количества структурообразующих и нефтегазогеологических факторов, которые исследователь считает необходимым принимать во внимание при моделировании реальных объектов районирования. Поясним сказанное на примере.

Допустим, что исследователь выбрал пять структурообразующих факторов, которые, по его мнению, определяют классификационное выделение зон нефтегазонакопления. Пусть это будут следующие факторы: 1 — пликтивный; 2 — литологический; 3 — стратиграфический; 4 — дизъюнктивный; 5 — рифогенный. Естественно, что прежде всего

² См.: Сковрцов П. П. Нефтегазогеологическое районирование как модельное построение.— В кн.: Прогнозирование нефтегазоносности недр.— М., 1982, с. 101—104.

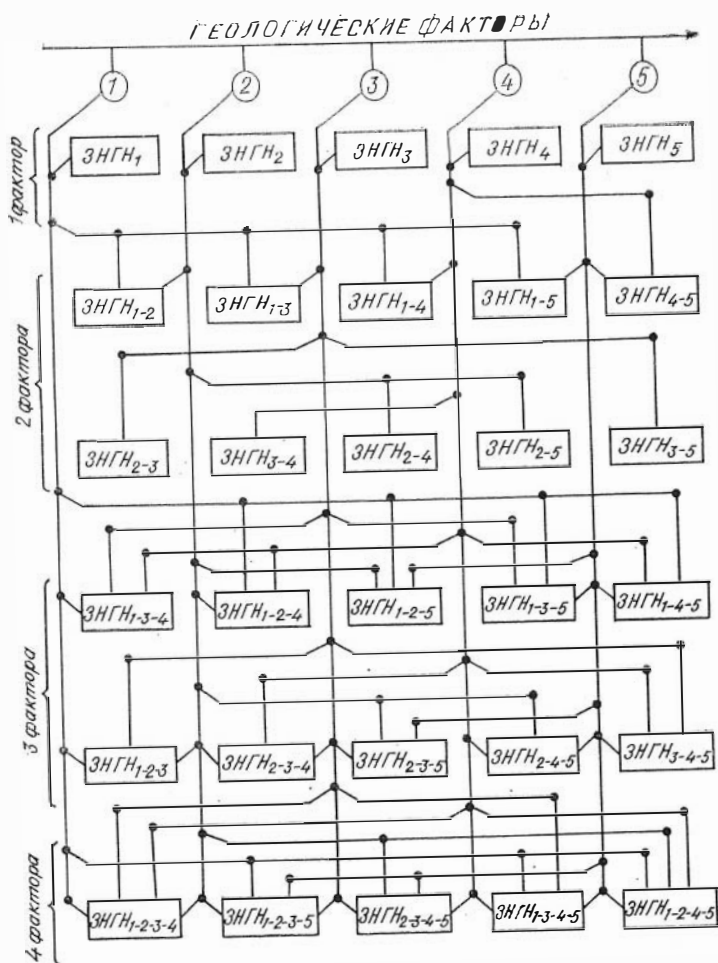


Рис. 1. Теоретически возможные категории зон нефтегазонакопления, получаемые при учете различных сочетаний из пяти определяющих факторов.

определяются индивидуальные категории зон нефтегазонакопления, соответствующие каждому из учитываемых факторов. Затем исследователя будут интересовать категории зон нефтегазонакопления, связанные одновременно с двумя, с тремя, а возможно, и с четырьмя факторами. Теоретически возможные категории зон нефтегазонакопления, которые будут получены в данном случае, представлены на

рис. 1. При этом общее число возможных категорий легко определяется из комбинаторных соотношений. Известно, что число сочетаний по m элементов из n различных элементов, в которых каждый элемент используется только один раз, определяется формулой:

$$C(n, m) = C_n^m = \frac{n!}{m!(n-m)!}.$$

Легко подсчитать, что в данном случае мы будем иметь 5 сочетаний по одному элементу (фактору), 10 по 2, 10 по 3, 5 по 4 и одно сочетание по 5 элементов. Таким образом, общее теоретически возможное количество классификационных категорий зон нефтегазоаккумуляции составит 21.

Совершенно естественно, что целый ряд возможных сочетаний не будет иметь геологического смысла, зато отдельные сочетания заставят исследователя задуматься и, возможно, предпринять дополнительные исследования.

При увеличении числа определяющих геологических факторов количество возможных категорий зон нефтегазоаккумуляции резко возрастает. Так, если количество факторов будет равно 10, то мы получим 10 сочетаний из одного фактора, 45 из 2, 120 из 3, 210 из 4, 252 из 5, 210 из 6, 120 из 7, 45 из 8, 10 из 9, одно из 10, итого 1023 теоретически возможных сочетания. Подобный случай может возникнуть, если мы детализируем характер определяющих структурообразующих факторов, выделив следующие из них: 1) пликативный; 2) дизъюнктивный; 3) фактор регионального развития трещиноватости; 4) соляной тектоники; 5) рифогенный фактор; 6) фактор замещения проницаемых коллекторов непроницаемыми; 7) фактор регионального выклинивания; 8) баровых валоподобных образований; 9) прибрежно-дельтовых образований палеорек; 10) фактор срезания и несогласного перекрытия.

Приняв в данном случае в качестве главнейшего признака классификационной модели зон нефтегазоаккумуляции морфологический признак, который в последнее время все чаще используется в классификациях локальных скоплений нефти и газа (В. Я. Ратнер, М. А. Зубова, Г. Б. Сальман (1979); Э. Б. Мовшович, М. Н. Кнепель, Л. И. Несмеянова, Л. А. Польстер (1981) и др.), можно получить, например, следующие таксономические категории зон нефтегазоаккумуляции: сводового типа — антиклинальные, биогенные, эрозионные; экранированного типа — литологические, дизъюнктивные, стратиграфические, литолого-дизъюнктивные, литолого-стратиграфические, дизъюнктивно-стратиграфические,

всесторонне экранированные, гидродинамические, а также многие категории, образованные различными комбинациями зон нефтегазонакопления основных выделенных типов.

Следующая группа моделей реальных объектов нефтегазогеологического районирования разрабатывается на основе использования заранее отобранных групп наиболее информативных геологических критериев. При создании моделей реальных объектов районирования методически целесообразна и практически оправдана их тесная увязка с результатами системного структурно-тектонического анализа, системного литолого-генетического, системного и геохимического анализа процессов нефтегазообразования, системного анализа условий формирования и характера размещения скоплений нефти и газа, системного гидрогеологического и палеогидрогеологического, системного палеогеологического и палеотектонического анализа.

Важнейшим методическим приемом при моделировании реальных объектов нефтегазогеологического районирования является районирование исследуемой территории для каждого крупного цикла седиментогенеза, т. е. палеонефтегазогеологическое районирование.

Все разработанные частные модели (схемы) реальных объектов районирования должны быть сопоставлены с соответствующими классификационными схемами. При этом могут возникнуть случаи, когда результаты реального моделирования побуждают исследователя к пересмотру или уточнению ранее разработанных классификационных схем.

Завершающий этап процедуры нефтегазогеологического районирования как модельного построения — построение результирующей региональной модели (схемы, карты) районирования. Она должна суммировать и генерализовать всю полученную ранее модельную информацию и в синтезированном виде представлять результаты системных аналитических исследований, соответствующие определенной фиксированной стадии изученности рассматриваемой территории. Графическое выражение процедуры создания итоговой модели (схемы, карты) нефтегазогеологического районирования представлено на рис. 2 в виде блок-схемы процедуры нефтегазогеологического районирования, основанной на системно-аналитических исследованиях.

Заметим, что разработка моделей (схем, карт) нефтегазогеологического районирования предполагает необходимость соблюдения основных правил и принципов, обеспечивающих сопоставимость этих карт и возможность сравнения выделенных на них элементов районирования. Ю. А. Косы-

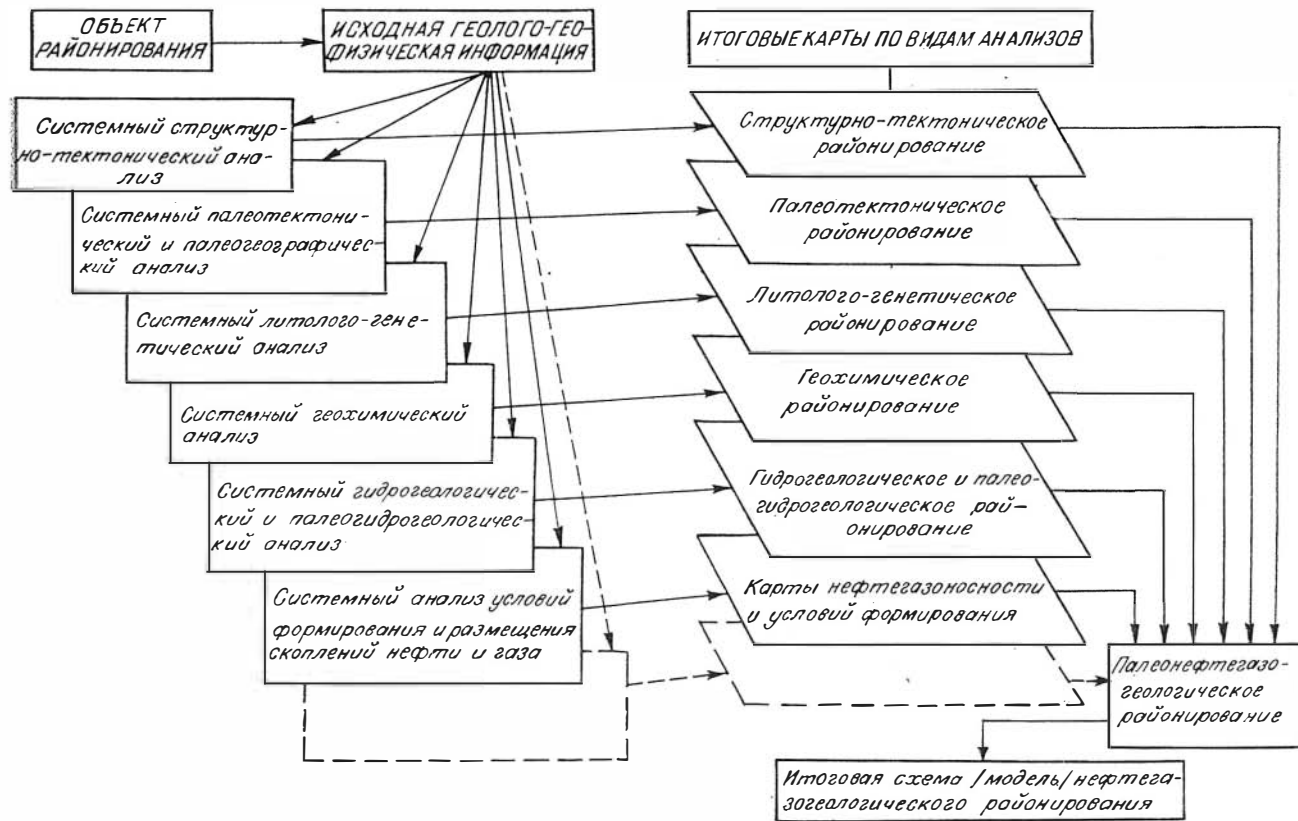


Рис. 2. Блок-схема процедуры нефтегазогеологического районирования.

гин определил основные принципы тектонического районирования и построения тектонических карт³, которые применимы для нефтегазгеологического районирования хотя бы потому, что тектонические карты обычно служат его картографической основой. Это — принцип специализации, принцип соразмерности описания геологических тел и принцип целесообразности.

По отношению к картам районирования принцип специализации является основным. Суть его состоит в том, что все границы между выделяемыми элементами должны иметь одну и ту же геологическую природу, т. е. определяться фиксированным перечнем свойств. Применительно к картам (схемам) нефтегазгеологического районирования принцип специализации диктует необходимость выработки однозначной и специализированной в соответствии с целью районирования, легенды условных обозначений, обеспечивающей геологическую однозначность проводимых границ и, следовательно, сопоставимость выделенных элементов районирования.

В соответствии с принципом соразмерности выделяемые при районировании геологические тела или части геологического пространства должны быть строго иерархизированы по диапазону их размеров и по значимости. При этом элементы каждого ранга должны обладать определенными характерными свойствами, отличающими их от элементов других рангов, т. е. иметь эмерджентные свойства.

Соблюдение принципа однородности описания элементов районирования связано с требованием характеризовать каждый элемент районирования одними и теми же свойствами, причем по возможности с равной степенью точности и детальности. Невыполнение этого принципа делает затруднительным или даже невозможным сравнительный анализ выделенных элементов районирования.

Следование принципу целесообразности при любом геологическом районировании означает необходимость выбора такого делящего признака или признаков, которые обеспечили бы районирование (элементаризацию пространства), максимально отвечающее целям и задачам проводимого районирования.

С учетом указанных требований и в соответствии со сформулированными выше целями и задачами нефтегазгеологического районирования, а также с учетом принципов системного подхода к нефтегазгеологическим исследованиям

³ См.: Косыгин Ю. А. Тектоника. — М., 1983.

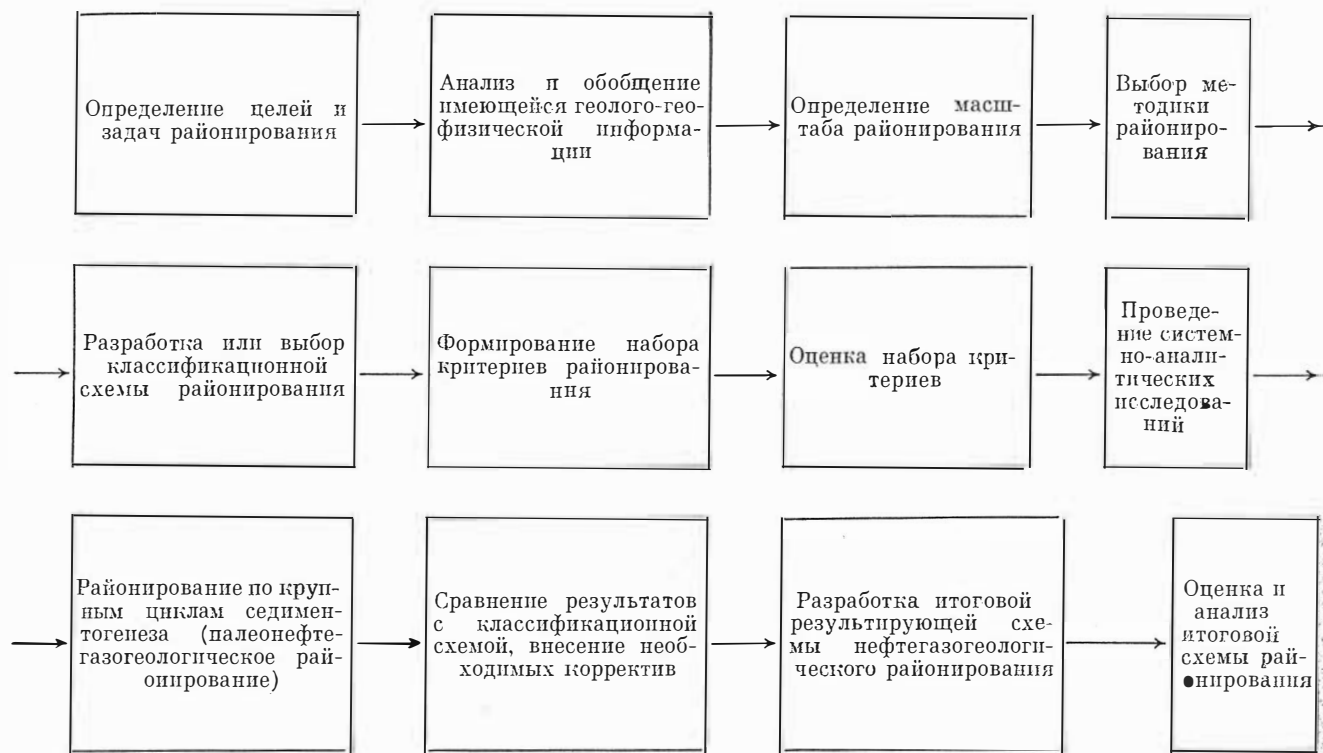


Схема 2. Системно-целевая функциональная схема процедуры нефтегазогеологического районирования.

предлагается следующая обобщенная системно-целевая схема процедуры нефтегазгеологического районирования (схема 2), отдельные блоки которой определяются конкретной целевой установкой и последовательно решают задачи, направленные на достижение конечной цели нефтегазгеологического районирования. Последовательность блоков функциональной схемы и их содержание определяются логической и практической целесообразностью, однако необходимо заметить, что применительно к конкретным ситуациям нефтегазгеологического районирования в зависимости от достигнутого уровня геолого-геофизической изученности исследуемой территории отдельные блоки функциональной схемы в силу их априорной очевидности могут быть опущены без ущерба для конечной цели районирования. Тем не менее предлагаемая последовательность блоков системно-целевой функциональной схемы, процедуры нефтегазгеологического районирования представляется формально и логически оправданной и с позиций системного подхода при гарантии глубокой и методически совершенной проработки каждого блока может рассматриваться как предельная и исчерпывающая практически для всех информационных ситуаций.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ДИСЦИПЛИНАРНОГО УРОВНЯ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ПРОЯВЛЕНИЕ В ГЕОЛОГИИ НЕФТИ И ГАЗА

*В. П. ВОРОЖЦОВ, канд. филос. наук,
А. Т. МОСКАЛЕНКО, д-р филос. наук*

При анализе методологических проблем нефти и газа выявляется ряд серьезных вопросов, интересных не только геологам, но и философам и методологам науки. За последние десятилетия у нас на глазах произошло рождение новой научной дисциплины, которое, в свою очередь, поставило на повестку дня вопросы ее статуса, структуры, методологической оснащенности, поиска путей повышения эффективности проводимых в ее рамках исследований. На современном этапе научного познания организационные и методологические аспекты научного исследования все больше сближаются. Необходимость ускоренного развития общественного производства постоянно порождает качественно новые задачи, которые требуют перманентного совершенствования как методологического арсенала, так и поиска новых форм организации исследований. Поэтому достаточно активно

ведется критика традиционного принципа научной деятельности — предметно-дисциплинарного. Ограниченность его, как отмечают многие авторы, все более и более очевидна. Разделяя фактически отдельные отрасли науки, препятствуя возникновению новых научных направлений, он усиливает информационный кризис, затрудняет синтез фундаментальных и прикладных исследований, внедрение научных достижений в производство, осложняет межнаучное общение.

Однако не следует забывать, что дифференциации и интеграция в науке не являются принципиально новыми явлениями в развитии научного познания. Эти процессы диалектически взаимосвязаны. Известны периоды преобладания каждого из них в истории теоретического освоения человеком мира. Предметно-дисциплинарный принцип осуществления научных исследований во многом обеспечил своими позитивно-эвристическими возможностями замечательный прогресс науки XVII—XIX вв. и, несмотря на все большее усложнение форм кооперации труда в науке, продолжает в том или ином виде достаточно прочно удерживать свои позиции в ряде областей. По-видимому, эти возможности во многом еще не исчерпаны, и на сегодня вряд ли есть основания утверждать, что предметно-дисциплинарный принцип организации научных исследований вовсе изжил себя или им можно полностью пренебречь. Не одна сила инерции, а многие структурные и операционные факторы позволяют сохраняться предметно-дисциплинарному делению не только в современной науке, но и в средней и высшей школе. Разумеется, многие проблемы интеграционных и кооперационных процессов в современной науке и образовании, взаимосвязи дисциплинарных и междисциплинарных исследований далеко не решены, однако любой односторонний подход к их анализу малопродуктивен.

Вообще, говорить о предметно-дисциплинарном исследовании можно лишь с известной степенью приближенности: в «чистом», законченном виде оно почти никогда и не существовало. Подчеркивая необходимость различать всеобщий и совместный труд, К. Маркс отмечал: «Всеобщим трудом является всякий научный труд, всякое открытие, всякое изобретение. Он обуславливается частью кооперацией современников, частью использованием труда предшественников. Совместный труд предполагает непосредственную кооперацию индивидуумов»¹. Любое отраслевое исследова-

¹ Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд., т. 25, ч. I, с. 116.

ние, таким образом, осуществляется в тесной взаимосвязи с соседними отраслями науки, в определенном культурно-историческом контексте, в рамках общей картины мира, вписывается в целостную культуру человечества.

Интеграционные процессы в современной науке проявляются не только в бурном развитии системных, комплексных, программно-целевых и других исследований; умножении количества и росте влияния пограничных, синтезирующих, проблемных наук, но и в тенденциях прогрессирующей дифференциации ряда научных дисциплин. Одним из проявлений этой тенденции является формирование и становление в качестве специфической научной дисциплины геологии нефти и газа.

Каковы же ее специфические особенности на современном этапе? Рассмотрение ее нынешнего состояния позволяет, на наш взгляд, утверждать следующее. Структурно геология нефти и газа представляет собой сложный конгломерат специфических разделов ряда геологических наук (минералогии, литологии, литомологии и т. д.), объединенных единым объектом исследования — углеводородные образования и скопления. Налицо первичный, предметно-объектный синтез. В то же время потребности развития любой науки, в том числе геологии нефти и газа, с необходимостью требуют категориального (на уровне понятий), теоретико-конструктивного (на уровне теорий) и методологического синтеза. Подобные тенденции присущи и всей геологической науке в целом.

Развитие геологической науки в условиях современной научно-технической революции убедительно показало, что ограничение ее объекта познания только рамками земной коры серьезно сдерживает прогресс геологических теорий и методологически обрекает эту науку на описание, приводит к изучению лишь следствий явлений, причины которых всегда остаются за ее пределами. Формирование того, что называется ядром, мантией и земной корой, шло одновременно. Это единый, противоречивый процесс дифференциации протопланетной материи, с которого и начался геологический период в эволюции нашей планеты и раскрыть законы которого призвана геология. Фактически сегодня геология, как и физика, химия, биология, астрономия, представляет собой сложный комплекс наук, имеющий единую стратегическую цель — всестороннее познание Земли. При этом она осуществляет как теоретический, так и практически-операциональный синтез не только данных геохимии,

геофизики, минералогии, петрографии и других наук о Земле, но и присущих им методов познания.

Большинство исследователей, рассматривающих статус геологии нефти и газа, подчеркивают ее прикладной характер. В то же время, оставаясь только на уровне эмпирического обобщения, описания, она была бы не способна качественно решить стоящие перед ней задачи, прежде всего создать единую научную теорию как их генезиса и размещения, так и, конечно, их поиска, разведки и эксплуатации.

В структуре любой конкретной науки можно выделить ряд компонентов. *Во-первых*, это массив эмпирического материала, накопленного ею в процессе своего исторического развития. Геология нефти и газа располагает значительным объемом эмпирических данных, описаний множества разновидностей резервуаров, ловушек, залежей, месторождений, нефтегазоносных районов, зон, провинций и т. д. Однако этот материал еще мало систематизирован и его трудно интерпретировать непротиворечиво в рамках одной концепции. *Во-вторых*, это совокупность отдельных приемов и методик, типичных только для данной отрасли знания или области исследований. Применительно к рассматриваемой дисциплине речь может идти о широком спектре приемов и способов уровня частнонаучной методологии: от лабораторных моделей генезиса нефти и газа до методик непосредственного прогнозирования нефтегазоносности региона.

В-третьих, концептуальный аппарат, идеи, гипотезы, теории, принципы, описывающие и объясняющие исследуемые данной дисциплиной процессы. Это, по нашему мнению, в настоящее время базисная проблема геологии нефти и газа. Построение логически стройной системы ее категорий, принципов и законов на уже имеющейся эмпирической базе — вот главное направление становления данной научной дисциплины. *В-четвертых*, совокупность общенаучных принципов и методов, методологии смежных отраслей знания, используемых при изучении объектов. Для геологии нефти и газа проблема использования предметов и методов ряда других наук достаточно сложна. В самом деле, «длительное время нефтегазопроисковая геология вместо разработки собственных предметов исследования (а соответственно и методов. — В. В. и А. М.) пытается приспособить, использовать предметы исследования других ветвей геологии. Кульминацией такого подхода явилась антиклинальная теория поисков,

делающая отправной точкой решения задач нефтегазописковой геологии тектонические предметы исследования»².

В последнее время специалисты, исследующие методологические проблемы геологии нефти и газа, все чаще обращаются к эвристическим и классификационным возможностям системного подхода. Но говоря о преимуществах, которыми он, безусловно, обладает, не следует забывать, что это лишь один из общенаучных методов познания, к тому же основанный на базе ограниченного круга категорий (система, структура и т. д.).

Наша планета является в настоящее время объектом познания целого комплекса наук. Развитие современных наук о Земле убедительно демонстрирует предсказанное Ф. Энгельсом перемещение переднего фронта научных исследований в пограничные области знания, в те сферы, где происходит взаимопроникновение большого количества научных теорий и методов. Широкое применение методов физики и химии, кибернетики, математики и механики — важный фактор целостного научного познания как Земли в целом, так и процессов нефтегазообразования и поиска. Интеграция методов и языков науки сегодня одна из важных форм единства современного научного познания. Однако углубление дифференциации науки обостряет вопрос определения специфики каждой отрасли научного познания, так как смешение физического, химического, кибернетического, философского и других аспектов исследования отдельных геологических объектов, недоучет специфики или переоценка возможностей методов этих наук с неизбежностью приводят к неточностям, а подчас и к ошибкам в истолковании сущности некоторых геологических процессов.

Для развития геологии нефти и газа, как и любой другой науки, необходимы не внешнее богатство методов, не методологический плюрализм и фетишизация формальных количественных подходов, а подлинный диалектический синтез теоретических конструктов и методов, возможный только на базе методологического аппарата диалектического и исторического материализма, но в то же время и не сводящийся к нему. Здесь одинаково вредны и механический редукционизм, и столь же недиалектический экспансионизм, и экстраполяция отдельных принципов и методов далеко за пределы их применения.

И наконец, *в-пятых*, в тело любой теории атрибутивно входят мировоззренчески-философские принципы и идеи.

² Трофимук А. А., Карогодин Ю. Н., Мовшович Э. М. Методологические вопросы геологии нефти и газа. — Новосибирск, 1983, с. 113.

определенные стандарты исследовательской деятельности и т. п. В любой отрасли науки, особенно в период ее расцвета, существует немало научных школ, ученые могут быть приверженцами различных научно-исследовательских программ и направлений. Но несмотря на все это разнообразие, общим здесь будет одно — определенная совокупность логико-гносеологических и методологических предпосылок и принципов, выражающих, как правило, сложившиеся на определенном этапе развития науки нормы научного исследования и методы построения теории, в том числе и в рамках определенной научной дисциплины. Подобные стандарты исследовательской деятельности в геологии нефти и газа пока, по-видимому, еще только складываются. Большинство исследователей работает под регулятивным воздействием тех методологических установок, которые сложились в процессе их становления как геологов в рамках традиционных отраслей геологии. Не случайно поэтому все чаще геологи, занимающиеся философско-методологическими проблемами геологии, с тревогой обращают внимание на недостатки методологической и философской подготовки многих специалистов как на одну из помех успешной разработке теоретических проблем геологии, в том числе нефти и газа.

Итак, ни один из отмеченных нами в предметном теле геологии нефти и газа компонентов в своем выражении не является «чисто» дисциплинарным. Даже научные факты, эмпирический материал, для того чтобы войти в тело науки, должны быть интерпретированы с определенных, в том числе и философских, позиций. Поэтому серьезные исследователи, выступая за «совершенствование методов как сбора, так и обработки фактического материала», за «создание быстродействующей и максимально автоматизированной аппаратуры высокой степени точности, что позволило бы свести до минимума субъективные ошибки и сделало бы фактический материал более однородным по достоверности», в то же время предостерегают: «Однако не следует преувеличивать значение автоматов в этой роли. Автомат „видит“ лишь то, что заложено в его программу, программу же составляет человек, и автомат не может на ходу переключаться, встречая новую информацию, или в лучшем случае переключается опять же в запрограммированном направлении»³.

³ Одинцов М. М. Состояние геологической науки и вероятные перспективы ее развития. — В кн.: Методологические проблемы конкретных наук. Новосибирск, 1984, с. 87.

Все сказанное нами не означает, конечно, что конкретное дисциплинарное исследование не существует как таковое. Несводимое к идеализации, оно имеет, несмотря на все формы кооперации в науке, свою, весьма существенную специфику, выявление и учет которой необходимы при любом анализе современного научного познания.

Таким образом, дисциплинарность исследования детерминируется прежде всего его непосредственным предметом, и речь может идти в основном о преломлении, трансформации существующих концептов и принципов, методов и методик в соответствии с его спецификой, а в данном случае — о качественной специфике объекта исследования геологии нефти и газа. В любой отрасли науки, научной дисциплине обычно применяется целая система субординированных методов и исследовательских приемов, возникших и развивавшихся не только в смежных, но и в далеко отстоящих областях знания. Поэтому было бы ошибочным отождествлять тот или иной частнонаучный или общий метод с методом конкретной специальной науки, обычно рассматриваемым при общей характеристике науки в собирательном смысле. Метод той или иной науки и конкретный (как частный, так и общий) метод имеют разное содержание и применяются в разных областях. Статистический метод, например, получил широкое применение в математике и физике, химии и биологии, географии и геологии, в медицине, экономических, социологических и других науках и в каждой обрел свою предметную интерпретацию. Возникший в химической науке метод меченых атомов нашел широкое применение в биологии, медицине, сельском хозяйстве и ряде других областей науки и производства. В этом же контексте можно, по-видимому, говорить о потенциальных возможностях применения ряда общенаучных, а также, например, геофизических и геохимических методов в геологии нефти и газа.

Понятно, что наряду с методами, имеющими широкую сферу применения и даже используемыми во всех областях науки, существуют и методы, применимые лишь в отдельных научных дисциплинах, как, например, метод половой и вегетативной гибридизации в селекции. Однако и они при всей их специфике содержат немало общего с методами, применяемыми в смежных отраслях. Многообразие методов конкретно-научного исследования отражает в конечном счете многообразие объективного мира. Каждый объект познания требует своеобразных методов и средств, или, по образному выражению болгарского исследователя Н. Стефанова,

специальной «технологии»⁴, особой методики изучения и обработки материала. В этом плане перед геологией нефти и газа стоит диалектически противоречивая задача: с одной стороны, необходима последовательная, системная разработка специфических методов исследования, отражающих качественное своеобразие объекта науки, с другой — требуется преобразование теоретической составляющей геологии нефти и газа в соответствии с общепринятыми методологическими регулятивами; на этом настаивают многие видные ученые⁵. Следовательно, назрел вопрос о соотносительности методологии различного уровня. В самом деле, в используемых любой конкретной наукой методах и приемах ярко проявляется диалектика общего и особенного, учет которой необходим при оценке специфики дисциплинарного исследования. В конечном счете любой научный метод включает в себя целую совокупность определенным образом субординированных познавательных операций и процедур, соотносимых со всем теоретико-методологическим контекстом и основанных на определенных философских и методологических принципах.

Методы научного познания, как известно, отличаются большим многообразием. Не останавливаясь на проблеме их классификации (она достаточно широко обсуждается в настоящее время и требует особого анализа), следует, однако, отметить специфику их в зависимости от уровня общности и универсальности применения.

Мировоззренческая интерпретация результатов научных открытий, анализ общих форм научного мышления, его категориального строя с точки зрения той или иной научной картины мира составляют задачу философского уровня исследования методологических проблем научного познания. Исследование общенаучных подходов, принципов и форм овладения объектом открывает дополнительный канал связи диалектико-материалистической философии и частных наук; способствует более глубокому проявлению интегративных тенденций в развитии научного познания, поиску путей усиления взаимосвязи и взаимодействия естественных, общественных и технических наук; помогает ученым в условиях прогрессирующей дифференциации знаний и при наличии весьма специализированных научных языков на-

⁴ См.: Стефанов Н. Общественные науки и социальная технология. — М., 1976, с. 152—223.

⁵ См., например: Трофимук А. А., Карогодин Ю. Н., Мовинович Э. Б. Методологические вопросы геологии..., с. 77.

Ходить общеприемлемые пути и средства решения междисциплинарных и общенаучных проблем, например в комплексных, программно-целевых исследованиях. В то же время при характеристике этих уровней научной методологии надо иметь в виду следующее обстоятельство. Работая в своей конкретной дисциплине, отдельный ученый вполне вероятно может достичь определенных (и немалых) успехов, используя только конкретные методики (например, нефтегазовой минералогии) или отдельные общегеологические методы. В таком случае затраты на овладение методологией более высокого уровня представляются ряду исследователей, работающих в конкретных областях знания, неоправданными, поскольку они не видят прямого результата своей работы. Однако положение в корне меняется, когда геолог поднимается до осмысления проблем и направлений развития своей науки, ее категориальной и концептуальной структуры. Глубоко закономерно поэтому обращение все большего числа творчески мыслящих геологов к проблемам гносеологии и логики своей науки.

И наконец, третий уровень современных исследований методологических проблем научного познания — это исследование конкретно-научной методологии, т. е. совокупности методов, принципов исследования и процедур, применяемых в той или иной отрасли науки. Однако нельзя забывать, что и этот методологический анализ базируется на принципах общеполитической методологии, соотносится с исходными научно-философскими основаниями мировоззрения. Конкретно-научная, так же как и общенаучная, методология не может рассматриваться как независимая от философских воззрений, «находиться, так сказать, по ту сторону противоположности между материализмом и идеализмом»⁶. В то же время следует учитывать, что каждый из отмеченных уровней методологии имеет свою качественную специфику, свои области применимости. По-видимому, непосредственное построение методик прогноза нефтегазопосности и программ поисково-разведочных работ на базе, например, основных законов диалектики без привлечения конкретно-научного аппарата принесло бы не меньший, если не больший вред, чем отрицание какой-либо позитивной роли философии в становлении геологии нефти и газа как отдельной научной дисциплины.

Опыт развития современной науки показывает, что, несмотря на качественное различие дисциплинарных и меж-

⁶ Ильичев Л. Ф. Философия и научный прогресс. — М., 1977, с. 116.

дисциплинарных исследований, дифференциацию научного знания, в области современной методологии усиливается интеграция философской, общенаучной и конкретно-научной методологии. Современный этап развития научного познания характеризуется все более широким применением, особенно в так называемых «пограничных» отраслях, методов смежных наук. Так же как и в геологии в целом, конкретно-научная методология современной геохимии, например, включает в себя как методологические средства специального химического исследования (условия и правила проведения экспериментов, специфические требования к репрезентативности данных и способам их обработки и т. п.), так и методологические средства и приемы, используемые в смежных науках (например, общегеологические, математические, физические, механические и другие методы). Сюда же следует включить общенаучные методологические средства и подходы (системный, вероятностный, кибернетические и т. п.).

Однако в процессе использования в любом конкретно-научном, дисциплинарном исследовании невозможно «чистое» применение методов смежных отраслей, так же как и общенаучных и философских. Обычно осуществляется их предметная интерпретация и трансформация с учетом непосредственных задач и целей. Применяемые в конкретно-научном исследовании методы математики, кибернетики, моделирования, идеи системного подхода и др. обретают конструктивную силу, становятся операциональными лишь в той мере, в какой их удастся «приспособить» к конкретным установкам и требованиям, соответствующим природе предмета изучения, т. е. трансформировать их в соответствии со спецификой объекта, уровнем и потребностями конкретно-научной методологии. Не случайно, отмечая значительные перспективы применения физических и химических методов (главным образом в геофизической и геохимической формах), многие исследователи считают первоочередной задачей поиск путей повышения геологической достоверности интерпретации геофизических и геохимических данных, максимальной «геологизации» этих пограничных отраслей науки. В свою очередь, общие методологические и философские принципы научного познания оказывают существенное влияние на становление и функционирование методов конкретно-научного познания. Определяемый природой исследуемого предмета и служащий конкретной практической цели, организующий и направляющий процесс познания на достижение искомого результата, науч-

ный метод каждого дисциплинарного исследования содержит и элементы всеобщности.

Важнейшие задачи методологии научного познания на современном этапе — это всестороннее исследование всего аппарата получения нового знания в различных отраслях науки, исследование средств и методов повышения эффективности ее развития, интенсификация научного поиска, совершенствование форм связи диалектико-материалистической общенаучной методологии и частного теоретико-методологического знания. Опыт деятельности философских (методологических) семинаров Сибирского отделения АН СССР, в том числе Института геологии и геофизики СО АН СССР, наглядно показывает, что каким бы прогрессивным ни было исследование быстро развивающихся многообразных методов конкретно-научного поиска, они не снижают актуальности исследований философских оснований методологии научного познания. Всякие попытки оторвать конкретно-научные, специальные дисциплинарные методологические исследования от их общеполитических предпосылок, противопоставить или представить их функционированию автономно, независимо от философии, являются серьезной ошибкой, наносящей вред как развитию частной науки, так и философии, делу укрепления союза философии и естествознания.

Решение таких важных задач, как определение места углеводородных образований в структуре геологической формы движения материи, как исследование специфики объекта геологии нефти и газа, диалектики субъекта и объекта геологического познания, как систематизация и классификация геологических наук, совершенствование (прежде всего логико-семантическое) их категориального аппарата, логических основ построения общей теории структуры, как выявление генезиса и закономерностей размещения углеводородных образований с целью их поиска, разведки и эксплуатации — все это осуществимо лишь при всемерном укреплении союза философии и естествознания.

Известно, что познание природы человеком как на дисциплинарном, так и на междисциплинарном уровне детерминировано и особенностями предметной области, и многими факторами методологического, мировоззренческого характера. Теоретическое познание направлено на практическое овладение миром и поэтому невозможно без общего взгляда на мир. Становление же передового мировоззрения возможно лишь на основе определенной диспозиционной структуры, реализуемой исследователем в процессе позна-

вательной деятельности. Однако даже в теоретически развитых отраслях науки, конкретных научных дисциплинах она чаще всего не бывает выражена в явном виде, но органически вплетена в концептуальные средства исследования, язык и стиль науки, в способы и формы интерпретации наблюдений, постановки экспериментов, обобщения и выводы.

Дисциплинарная ограниченность диспозиционной структуры современных исследователей становится в настоящее время все большей проблемой. Их подготовка и ныне не является комплексной, междисциплинарной. Предметно-дисциплинарный принцип, заложенный в школе и вузе, зачастую сохраняется и на последующих этапах становления современного специалиста. Поэтому большинство современных ученых самым характером подготовки, спецификой методологических установок, регулирующих их исследовательскую деятельность, воспитаны на принципах предметно-дисциплинарного (отраслевого) подхода к научным проблемам. Даже будучи геологами по базовому образованию, многие исследователи в силу дифференциации самой геологической науки пытаются решать специфические проблемы нефти и газа более близкими им минералогическими, литологическими, литмологическими, геофизическими и тому подобными методами. Следовательно, ускоренная разработка методологических проблем геологии нефти и газа должна сопровождаться перевоспитанием на принципах этой методологии самих специалистов.

Интенсификация развития науки возможна лишь в результате усиления интеграции полиморфного отраслевого, монодисциплинарного знания и общенаучных теорий в соотношении с одним и тем же объектом познания. Но при междисциплинарном исследовании неприемлемо механическое соединение представителей различных областей знания или изучение предмета методами отдельных наук с последующим сравнением результатов. «Механическое соединение в одном коллективе лиц разного профиля, узких профессионалов, может дать только отрицательный эффект,— подчеркивает Г. Н. Волков.— Если физик понятия не имеет о биологии, химик ничего не смыслит в физике и биолог не знает ни физики, ни химии, то им невозможно будет найти деловой контакт и объединить свои усилия в одном направлении»⁷. И дело не только в знании чужого предмета (оно,

⁷ Волков Г. Н. Истоки и горизонты прогресса: Социологические проблемы развития науки и техники.— М., 1976, с. 289.

конечно, необходимо), но и в том, чтобы взглянуть на него с позиций и методологии других наук.

Поскольку большинство исследователей постоянно находится в рамках своей стандартной парадигмы, необходимо взаимодействие методологических установок разных уровней. Простое привлечение к междисциплинарному исследованию специалистов различных областей знания приводит иногда к описанию предмета исследования методами отдельных наук и возникновению социально-психологического барьера на пути к новым методологическим приемам и способам исследования: срывает «механизм самозащиты» определенной научной общности как реакция на противоречие между требованием создавать и воспринимать новое знание и стандартами мышления в рамках конкретной дисциплины. Иногда эта «самозащита» выглядит даже курьезно. Так, некоторые геологи обвиняют философов в некомпетентности на том основании, что они не работают в геологических партиях и не ходят «с рюкзаком за плечами».

Многочисленные психологические исследования показывают, что для успешного внедрения нового необходима предварительная активная деятельность, направленная на трансформацию диспозиционной структуры. Поскольку дифференциация научного знания привела к тому, что ни одна область современной науки сама по себе не дает цельной картины мира, важным интегративным фактором становятся ее общие методологические компоненты. И поскольку применяемые научные методы зависят от специфики предмета исследования, традиций, квалификации и прочего, ученому необходимо выбрать такую совокупность методов, которая обеспечит эффективное движение к цели.

Таким образом, успехи междисциплинарных исследований обеспечивают, с одной стороны, активная разработка методологий, особенно вопросов взаимовлияния методов различного уровня и специфики их трансформации в предметном спектре конкретно-дисциплинарного исследования, а с другой — методологическая и психологическая подготовка ученых к такому исследованию. Осознать это крайне важно специалисту-нефтянику: в геологии нефти и газа завершается период длительного сбора эмпирического материала, и она на глазах превращается из констатирующе-описательной в науку, ищущую гносеологически и логико-методологически обоснованные пути теоретического объяснения и (на основе выявленных закономерностей) предсказания процессов в углеводородных образованиях и скоплениях. Это также проявление наиболее общей тенденции развития любой современной науки.

Соотношение диспозиционных образований необходимо и при проведении комплексных социально-экономических исследований, например при осуществлении таких крупных междисциплинарных долгосрочных программ, как программа «Сибирь». Так изменения в характере материального производства, вызванные общими социально-экономическими и культурными потребностями, вызывают к жизни новые, в том числе и фундаментальные, направления исследований. Потому-то несмотря на сохранение некоторых достоинств предметно-дисциплинарного подхода магистральным направлением развития науки становятся междисциплинарные исследования.

Итак, налицо широкое обращение исследователей, работающих в области геологии нефти и газа, к методологической проблематике. Однако на этом пути возникают некоторые объективные трудности. Во-первых, переводение исследования в методологический срез означает качественно новый этап самопознания, рефлексии науки, требует определенной подготовки и специального научного аппарата. Вот почему иногда доклад или статья, название которых начинается словами «методологические проблемы», может собственно методологических проблем и не содержать. Речь может идти о конкретных методиках исследования, приемах и способах поиска или обобщения отдельных фактов, например о конкретном контуре структуры и соответствующих ему залежах. Выделение подлинной *методологической* проблематики — это достаточно сложная задача, которая, конечно, не разрешается подобной подменой терминов.

Во-вторых, следует обратить внимание на одну особенность методологии, которую М. А. Розов шутливо назвал «законом Страхова». Академик Н. М. Страхов, наблюдая судьбы ряда программных методологических статей, заметил, что они, как правило, не оказывают сколько-нибудь реального воздействия на ход и направление научных исследований⁸. В то же время обстановка коренным образом меняется, когда создается конкретный образец работы. В качестве примера он приводит исследования выдающегося советского ученого Я. Г. Самойлова, выдвинувшего в 20-е годы перспективную долгосрочную методологическую программу литологических исследований, один из разделов которой был назван «Механический анализ данных отложе-

⁸ См.: Кузнецова Н. П. Научная рефлексия как объект историко-научного анализа. — В кн.: Рефлексия в науке и обучении. Новосибирск, 1984, с. 64—65.

ний». С него Я. И. Самойлов и начал совместно с коллегами реализацию своей программы. Однако после смерти ученого его последователи сумели реализовать только этот пункт программы и, видимо, только потому, что в их распоряжении был непосредственный образец такого исследования. Значит, выдвижения одной, даже самой обоснованной и перспективной, методологической программы недостаточно для существенного воздействия на характер и направление развития той или иной отрасли науки. Необходимо создание образцов, диалектически сочетающих теоретико-методологические положения с конкретной практикой дисциплинарного исследования. В подобных программах-образцах, видимо, нуждается и геология нефти и газа. К таким программам можно отнести программу построения понятийно-категориальной системы геологии нефти, ее структуры, классификации закономерностей и т. п. Первые шаги на этом пути, как известно, уже делаются.

Геологи в союзе с философами и логиками должны разработать методологию дисциплинарных и междисциплинарных исследований в рамках своей науки. В контексте рассматриваемых здесь проблем важнейшими задачами можно считать совершенствование конкретно-научных, общенаучных и философского методов познания и создание на основе их синтеза и субординации единого методологического аппарата междисциплинарных исследований, операциональные возможности которого позволят ему успешно функционировать в ряде отраслей, в том числе в геологии нефти и газа. Одновременно с решением данной задачи должно, по-видимому, осуществляться и воспитание на его принципах широких кругов современных исследователей, работающих в различных предметных областях, включая и представителей геологической науки и практики. Следовательно, на повестку дня выдвигается задача объединения в единое научное сообщество как представителей различных научных дисциплин (в рамках геологии и вне ее), организаторов науки, так и практических работников, «производственников», непосредственно занимающихся поиском, разведкой и эксплуатацией углеводородных образований. Необходимость такого объединения все более ощутима, однако для этого потребуются разрешить многочисленные логико-гносеологические, организационные, коммуникационные, да и социально-психологические, проблемы.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

А. Н. КНЯЗЕВ, канд. филос. наук

За сравнительно короткое время понимание предмета методологии науки претерпел значительные изменения. Еще не так давно, в середине нашего века, представления о научной дисциплине связывались с творческим совершенством, завершенной системностью знания, отображающего различные моменты объекта исследования. Предполагалось, что задача методолога — указать пути к достижению теоретического совершенства дисциплинарного знания, проанализировать встречающиеся трудности. В настоящее же время на первый план предмета методологии науки активно начинает выступать то, что прежде относилось к периферийной сфере интересов. Актуальными, в частности, оказались такие исследовательские процедуры, как точное выделение объекта науки из окружающей среды (например, геологической), корректное определение соответствующего понятия, выбор средств, необходимых для интерпретации предмета исследования, и т. д.

Все эти перечисленные процедуры исследовательской деятельности составили предмет специфического и совершенно нового вида методологической проблематики, ставшего ключевым в целом ряде отраслей познания, в том числе и прикладных геологических науках¹. Новый вид методологической проблематики знаменовал собой рождение и бурный рост так называемого частнонаучного, внутридисциплинарного методологического знания, а вместе с тем и всей сложной современной структуры методологии науки. К настоящему времени в ней четко выделились по крайней мере три относительно самостоятельных уровня (или блока): частнонаучный, общенаучный и всеобщий (философский). Конструирующее, формирующее влияние методологии всех этих уровней по отношению к теоретическим построениям конкретных научных дисциплин очень велико. Поэтому представляет интерес рассмотрение каждого методологического уровня, а также их взаимодействия.

Что касается взаимодействия между частнонаучным, общенаучным и философским уровнями методологии, то здесь стали выявляться качественно новые тенденции и закономерности. Новизна их заключается в следующем: методологическая функция философии (диалектического материа-

¹ См.: Трофимук А. А., Карогодин Ю. Н., Мовшович Э. Б. Методологические вопросы геологии нефти и газа.— Новосибирск, 1983.

лизма) по отношению к частным наукам реализуется теперь уже не непосредственно, а через общенаучный уровень; достижения частных наук влияют на приращение нового философского знания через посредство общенаучного уровня знаний; и наконец, общенаучное знание развивается путем синтеза философского и частнонаучного уровней знания. Поэтому-то и трудно разорвать указанное единство уровней, искусственно изолировать друг от друга методологические блоки. Они находятся в отношении теснейшего взаимодополнения и взаимоопределения. Вместе с тем у каждого методологического уровня свои возможности, своя компетентность, своя сфера приложения. Считается с этим, учитывать это — значит более согласованно осуществлять связь методологии с частнонаучной проблематикой, наиболее эффективно организовывать развитие науки.

Механизм взаимодействия различных методологических уровней между собой, а также их значение для решения насущных вопросов развития современной науки мы анализируем и проиллюстрируем на конкретном материале одной из геологических наук — геологии нефти и газа. Конечно, в небольшой работе невозможно полностью решить эту задачу, однако общий характер проявления каждого из трех уровней методологии науки, общую схему методологического обеспечения конкретной дисциплинарной проблематики (хотя и на отдельных примерах) представить для обсуждения можно и нужно.

Методологические исследования частнонаучного характера начинают формироваться с того момента, когда специально ставится вопрос, что считать объектом данной науки. Такой вопрос неизбежно возникает в условиях интенсивного накопления разнообразных сведений об объекте, создающих вместо действительного приращения знания «эмпирические тупики». Именно в таких ситуациях и возникает необходимость организовывать, систематизировать накапливаемые факты, уточнять основные понятия и принимать оптимальные решения. Без соответствующей методологической работы частнонаучного характера «сведения об объекте изучения принципиально не могут быть представлены как теоретически организованная совокупность научного знания»².

Характерно, что уже в процессе решения методологических задач частнонаучного характера исследователь пере-

² Мирский Э. М. О предмете междисциплинарного исследования. — В кн.: Системные исследования. Методологические проблемы. Ежегодник. 1980. М., 1981, с. 70.

ходит на общенаучный уровень знания, например когда использует приемы системно-структурного анализа, в частности принцип изоморфизма. Так, с помощью принципа изоморфизма удалось по аналогии с иерархической структурой базовых наук геологии (минералогия, литология, литмология и т. д.) построить иерархическую организацию прикладных дисциплин в геологии нефти и газа (минералогия нефти, литология нефти, литмология нефти и т. д.). Этот результат, в свою очередь, явился необходимой предпосылкой дифференциации предметных исследований внутри геологии нефти и газа, а также определения ее места среди других наук геологии. Уже здесь произошел переход к междисциплинарной, общенаучной методологии. Однако непосредственно на общенаучный уровень методолог выходит при решении более сложных теоретических задач, когда возникает потребность исследовать принципиальные возможности системно-структурного анализа в отношении частнонаучной проблематики. Рассмотрим же подобную ситуацию на примере использования принципа изоморфизма в геологии нефти и газа.

Под изоморфизмом понимается один из видов структурного соответствия между системами. По определению, изоморфизм — это структурное подобие двух систем, имеющих различный состав. Так, если рассматривать скопления углеводородов в геологических средах как «тела в телах», изоморфными окажутся система геологических тел и система скоплений углеводородов, причем минеральному, литологическому, литмологическому, литмосферному и литосферному уровням организации геологических тел будет соответствовать минеральный, литологический, литмологический, литмосферный и литосферный виды скоплений углеводородов. «В практическом отношении значимость их неравноценна, по в теоретическом плане они должны быть обособлены, выделены и в определенной мере самостоятельны. На минеральном уровне это пузырьки углеводородных газов и капли жидких, а также твердых углеводородов в кристаллах и пленки вокруг минеральных и полиминеральных зерен. На породном уровне — рассеянные углеводороды и концентрированные скопления в отдельных пластах. На литмологическом уровне — это залежи и месторождения, а на литосферном — нефтегазоносные зоны и бассейны, на литосферном — вероятно, нефтегазоносные пояса и узлы нефтегазо-накопления»³.

³ Трофимук А. А., Карогодин Ю. Н., Мовшович Э. Б. Методологические вопросы геологии..., с. 43.

Данная констатация изоморфизма, произведенная нами по определению, имеет и соответствующее логическое обоснование (что непосредственно относится к общенаучному уровню методологии). Обоснование принципа изоморфизма выводится из следующих ключевых понятий и положений системно-структурного анализа, изложенных в многочисленных публикациях советских авторов. Система — это ансамбль простых частей (элементов), преобразующих по некоторым параметрам поток вещества, энергии или информации⁴. Функциональные свойства элементов в системе — это основные их свойства, или свойства первого порядка. Совокупность основных функциональных свойств (или функциональных мест) элементов представляет собой собственно *организацию* системы. Функциональные места одних элементов (организация системы) могут быть заняты другими элементами. Отсюда и выводится логически принцип изоморфизма.

Приведенные положения системно-структурного анализа имеют самое непосредственное отношение к развитию частнонаучного знания, в том числе геологии нефти и газа. Дело в том, что широкое применение системно-структурного анализа не может подменить собой существо частнонаучной теоретической проблематики. Системно-структурный анализ — наилучшее средство решения задачи той или иной конкретной науки, обеспечивающее систематизацию, классификацию огромного количества разрозненных данных о ее объекте и тем самым помогающее определить ее место и статус среди других наук. Однако при всей важности и необходимости применения системно-структурного анализа наиболее эффективное решение главных частнонаучных задач обеспечивается выводением самой частной науки на новый, более высокий, теоретический уровень. Именно так, на наш взгляд, и представляют себе ситуацию ученые, работающие в области геологии нефти и газа: «...проблема выделения нефтегазопромысловых объектов представляет собой одну из важных составляющих более общей проблемы выявления закономерностей размещения скоплений нефти и газа»⁵. А как известно, оперирование понятиями «закономерность» и «закон» — это уже сущностный, теоретически более глубокий аспект разработки проблемы.

⁴ См.: Горохов В. Г. Методологический анализ системотехники. — М., 1982, с. 22.

⁵ Трофимук А. А., Карогодин Ю. И., Мовшович Э. Б. Методологические вопросы геологии., с. 3—4.

Итак, если кратко обобщить сказанное, то можно отметить следующее. Необходимым и достаточным критерием того, что ученый начал теоретические исследования, является постановка им вопроса, каков объект его науки и какие дисциплины образуют основу попредметного исследования. Одновременно происходит определение статуса и места науки среди других геологических наук.

Определенная законченность (завершенность) этого первоначального этапа теоретических исследований становится, в свою очередь, отличительным признаком начала следующей, более важной, ступени теоретического развития науки. Данная ступень есть не что иное, как начало комплексного изучения объекта и междисциплинарного теоретического синтеза знаний. Внутреннюю логическую связь между этими двумя ступенями развития науки нетрудно установить, поскольку в основе и определения объекта исследования, и междисциплинарных исследований лежит *объединение* знаний, методов, средств, профессиональных усилий представителей различных научных направлений для изучения некоторого общего объекта. Различие же между этими двумя ступенями теоретической зрелости науки состоит в следующем. То, что на низшем уровне исследования выступает как частнонаучная проблема объединения в систему разнородных сведений об объекте, на более высоком уровне уже проблема теоретического постижения целостности объекта в контексте междисциплинарных исследований. В последнем случае содержание и эффективность методологической работы определяются более высокими критериями, выводимыми из требований и правил междисциплинарных исследований, а также из требований и правил разложения объекта исследования по предметам его теоретического анализа. Данный уровень имеет непосредственный выход на такие общенаучные методологические проблемы, как проблема теоретизации науки в условиях междисциплинарных (и комплексных) исследований, проблема активности субъекта научного познания и ее роль в формировании предмета исследования.

Рассмотрим эти вопросы подробно на материале современной геологии нефти и газа. Что касается первой методологической проблемы, т. е. проблемы теоретизации научного знания в условиях междисциплинарности, то она, по-видимому, должна пониматься как объединение теоретического знания. Предположим, что объединение теории должно происходить путем создания «некоторой новой содержательной теории междисциплинарного объекта, включающей его изоб-

ражения в теориях отдельных дисциплин как частные случаи»⁶. Но здесь требуется «актуальное существование знания во всех дисциплинах в виде строгой и обязательно формализованной теоретической системы»⁷. Как отмечает далее Э. М. Мирский, если бы в действительности все это было соблюдено, то задача свелась бы просто к теоретическому изображению объекта с опорой только на теоретическое знание отдельных дисциплин. Однако поскольку такая ситуация в исследовательской практике принципиально не может иметь места, то от методолога требуется совершенно иная постановка задачи. В современной литературе по общим вопросам методологии науки она определяется как *создание предмета исследования*. В чем же состоит качественное своеобразие перехода от объекта к предмету исследования?

В частных науках необходимость в логическом и содержательном разнесении понятий «объект» и «предмет» исследования возникает уже на достаточно зрелой фазе систематизации эмпирических данных. В геологии нефти и газа, например, это происходит тогда, когда нефтегазоносные геологические тела классифицированы по различным основаниям и уровням организации. Причем под объектом понимается геологическое тело наиболее общего уровня организации, а под предметом — тот или иной «срез» (аспект) объекта. Объект, следовательно, имеет множество предметов исследования. Например, в качестве предмета исследования могут выступать вещество, структура, генезис, процесс формирования, а также те или иные свойства нефтегазоносных геологических тел.

Выработка предметных определений, безусловно, очень важна для развития геологии нефти и газа. Вместе с тем на достаточно зрелом этапе научных обобщений начинает обнаруживаться неполнота этих определений. В частности, как отмечают сами исследователи, научное общение осложняется тем, что термин «предмет» употребляется часто и как понятие об объекте (точнее, части объекта). Такого рода феномен специалисты объясняют живучестью старых методологических традиций. Но здесь, на наш взгляд, дело не только в традиции. Смешение данных понятий вызывается бытованием их на одной и той же эмпирической плоскости. Качественное отличие «объекта» от «предмета» обнаружится немедленно, если мы освободим «предмет» от лишнего эмпи-

⁶ Мирский Э. М. О предмете междисциплинарного исследования, с. 71.

⁷ Там же.

рического груза и рассмотрим его на уровне проблем перспективного развития геологии нефти и газа. Это и будет переход с частнонаучного на общенаучный уровень методологических исследований.

В чем же состоит специфика предметного исследования объекта с точки зрения общенаучной методологии? Чтобы ответить на этот вопрос, выделим сначала общее между «объектом» и «предметом» на частнонаучном методологическом уровне в пределах научной дисциплины.

Предметную конструкцию дисциплины составляет все, что специалисты знают о какой-нибудь отдельной стороне объекта и о том, как ее можно изучать. Предметная конструкция дисциплины определяет «угол зрения» исследователя на объект, особенности возможных его структурных расчленений, ограничивает выбор средств исследования и языков описания объекта, а также «поле формулировки гипотез»⁸. Другими словами, традиционные представления о природе объекта служат основанием для выбора определенных аспектов или фрагментов эмпирической реальности. Но если на частнонаучном (преимущественно эмпирическом) уровне «объект» и «предмет» еще качественно не различаются, то на общенаучном уровне соотношение этих понятий существенно меняется. Это происходит потому, что определенное различие, имевшее место и на частнонаучном уровне между их познавательными функциями, заметно углубляется вследствие перенесения центра тяжести с объекта на предмет исследования. Вследствие такого перераспределения дисциплинарной теоретической нагрузки и появляется качественное различие между основаниями «объекта» и «предмета». Наибольший интерес с общенаучной методологической точки зрения представляют следующие особенности процедуры вычленения «предмета»:

а) выделение какой-либо одной стороны объекта как главной при данном дисциплинарном подходе и отвлечение от всех второстепенных свойств и сторон;

б) существенное влияние активности субъекта познания на вычленение «предмета» исследования.

Как же должен происходить междисциплинарный синтез в условиях такой жесткой дифференциации понятий объекта и предмета исследования? Каковы механизм и содержание этого процесса, столь важного для дальнейшего совершенствования теоретических построений научного знания? Отве-

⁸ Мирский Э. М. О предмете междисциплинарного исследования, с. 72.

тить на эти вопросы невозможно без обращения ко всеобщему (философскому) уровню методологии науки.

С точки зрения всеобщего (философского) уровня методологии развитие науки (например, геологии нефти и газа) движение от первичной классификации научного знания, выделения объекта и предмета исследования к междисциплинарному синтезу нужно рассматривать как диалектический процесс восхождения от абстрактного к конкретному. Объясним это более подробно. На эмпирическом уровне познания объект исследования предстает как само по себе целостное, системное образование в единстве всех своих сторон и опосредований. По мере накопления данных об объекте наступает такой этап его изучения и практического освоения, когда исследователю нужно проникнуть в суть объекта, создать теоретическую систему знаний о его внутренней основе, закономерностях его формирования и развития. Этот этап познания, согласно диалектическому принципу восхождения от абстрактного к конкретному, неизбежно приводит к аналитическому разложению данной объектной целостности на отдельные научные абстракции (по словам К. Маркса, происходит как бы «испарение» объекта до отдельных абстракций).

Процесс разложения объекта исследования на отдельные абстракции неизбежно связан с проявлением высокой активности познающего субъекта, поскольку всякая абстракция — это уже не объект и не часть его сами по себе, а теоретическая конструкция деятельностного, познающего субъекта, отражающая ту или иную сторону объекта. Таким образом, предметная стадия изучения объектной целостности закономерно включает в себя субъективный, деятельностный момент в качестве определенного гносеологического подхода познающего субъекта. Как следствие этого, вокруг общей дисциплинарной теории начинает формироваться разветвленная сеть отдельных предметных конструкций. Внутри геологии нефти и газа, например, критерием такого деления выступают обособленные друг от друга внутридисциплинарные исследования вещества, структуры, генезиса и процесса преобразования скоплений углеводородов.

Однако наряду с относительной самостоятельностью отдельных предметных конструкций между ними существует тесная функциональная связь, причем она все более усиливается. «Функция предметной конструкции... состоит в том, — пишет Э. М. Мирский, — чтобы обеспечивать связь полученных в ходе исследования сведений о реальности с научным знанием отдельных дисциплин как единственной формой

существования научного знания вообще. Если к тому же учесть, что развитие каждой дисциплины, углубление ее проникновения в изучаемую реальность идет по пути прогрессирующей специализации, легко понять, что две функции предметной конструкции междисциплинарного исследования оказываются противоположными и даже взаимоисключающими⁹.

Это диалектическое противоречие преодолевается на более высоком этапе развития теоретических построений в науке, а именно на этапе завершения восхождения от абстрактного к конкретному. Завершение же данного познавательного цикла как «восхождение» от отдельных предметных абстракций объекта к их теоретическому синтезу приводит к важному результату — воспроизведению первоначальной целостности объекта исследования, но уже на теоретическом уровне. Таким образом, системная целостность эмпирического объекта «превращается» в теоретико-системную целостность для познающего и практически преобразующего его субъекта.

Именно в этой последовательности, согласно диалектическому принципу восхождения от абстрактного к конкретному, протекают познавательные процессы и в геологии нефти и газа, только со своими особенностями и трудностями на каждом из отдельных этапов. Одна из особенностей познавательной ситуации в современной геологии нефти и газа состоит, например, в том, что геологам-теоретикам еще предстоит завершить этап восхождения от абстрактного к конкретному. И единственный путь к этому — междисциплинарный синтез научного знания. Но междисциплинарный синтез включает в себя — и как момент, и как необходимое условие — комплексные исследования. Вместе с развитием комплексного взаимодействия различных научных дисциплин междисциплинарный синтез знания выступает как основная форма теоретического развития современных наук, в том числе геологии нефти и газа.

СИСТЕМНЫЙ АСПЕКТ ЛИТОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В. И. ДРАГУНОВ, канд. геол.-мин. наук

Содержание литологии определялось многими исследователями, теоретические и прикладные результаты трудов которых отражают многообразие проблем этой науки и пу-

⁹ Мирский Э. М. О предмете междисциплинарного исследования, с. 75.

тей их разрешения на различных этапах ее развития. Так, Н. М. Страхов рассматривал литологию как науку «о составе, структурах, текстурах и генезисе осадочных пород, включая руды»¹. В одной из последних работ ученый, в сущности, повторил это определение, назвав литологию наукой о «современных осадках и ископаемых осадочных породах»². Л. Б. Рухин, разделяя идеи Ю. А. Жемчужникова, А. Н. Заварицкого и С. Ф. Малявкина, под литологией понимал «геологическую науку, изучающую осадочные породы и их сочетания вместе с приуроченными к ним полезными ископаемыми как взаимосвязанные, закономерно развивающиеся геологические образования»³. Поясняя более подробно содержание литологии, он говорил о трех ступенях литологических исследований: изучении вещественного состава пород, изучении стадий и изучении формаций. П. П. Тимофеев выделяет пять крупных проблем литологии, решение которых рекомендует искать на путях развития генетических построений. Это проблемы седиментогенеза, формационного анализа, литогенеза, полезных ископаемых и корреляции геологических процессов⁴.

В настоящей статье нет возможности привести другие мнения о содержании литологии. Отметим лишь, что имеется много работ, посвященных анализу и синтезу знаний об объектах и предметах литологии с позиций системного подхода. Особое внимание привлекают исследования, касающиеся общих проблем литологии и системных исследований в этой отрасли геологии⁵.

¹ Геологический словарь, т. 1.— М., 1973, с. 396.

² Страхов Н. М. Пути развития литологии.— В кн.: Избранные труды. Общие положения геологии, литологии и геохимии. М., 1983.

³ Рухин Л. Б. Основы литологии.— Л., 1969.

⁴ См.: Тимофеев П. П. Советская литология и пути ее развития.— В кн.: Литология на новом этапе развития геологических знаний. М., 1981.

⁵ См.: Пустовалов Л. В. Петрография осадочных пород. Основы литологии (петрологии) осадочных пород, т. 1.— М., 1940; Попов В. П. Формационные единицы и их положение в основном ряду вещественных геологических образований.— Ташкент, 1954; Швецов М. С. Петрография осадочных пород.— М., 1958; Выветривание и литогенез.— М., 1969; Косыгин Ю. А., Соловьев В. А. Статические, динамические и ретроспективные системы в геологических исследованиях.— Изв. АН СССР. Сер. геол., 1969, № 6; Проблемы развития советской геологии.— Л., 1971 (Труды ВСЕГЕИ, т. 177); Смыслов А. А. Уран и торий в земной коре.— Л., 1974; Круть П. В. Введение в общую теорию Земли.— М., 1975; Трофимук А. А., Карогодин Ю. Н. Теоретические и прикладные вопросы цикличности осадконакопления.— В кн.: Основные теоретические вопросы цикличности седиментогенеза. М., 1977; Тихомиров С. В. Литология и ее соотношение с другими науками.— Изв.

С позиций системного подхода методология рассматривается как наука о геологических объектах минерального, горно-порodного и формационного уровней организации, имеющих осадочное происхождение, т. е. образовавшихся в атмосфере и гидросфере при их взаимодействии с биосферой и литосферой. Таким образом, системообразующим элементом литологии является положение об осадочном происхождении геологических объектов нескольких уровней организации, изучаемых в связи с решением проблем и задач геологии осадочной оболочки Земли (а в дальнейшем — и планет земной группы).

Помимо системных в литологии используются генетические построения, которые стали возможны постольку, поскольку ее становление осуществлялось на основе разработанной систематики атомов, минералов и в значительной мере горных пород. Генетическая ориентация литологии, вполне оправданная в тех ее частях, где она имеет дело с объектами минерального и отчасти горно-порodного уровня, оказывается недостаточной при исследовании объектов надпорodного уровня организации. Это обстоятельство обычно упускается из виду сторонниками генетического направления в учении о формациях, или формациологии, в своих построениях основывающимися на представлениях об определяющем значении условий образования формаций при выборе их существенных классификационных признаков. Между тем формационные тела могут стать равноправными объектами литологических исследований наряду с телами горных пород (слоями, пластами, линзами) и телами минералов (кристаллами, их обломками) только после того, как будут систематизированы в пределах своего иерархического уровня.

Современное понимание проблем формациологии преемственно связано с работами Н. С. Шатского и Н. П. Хераскова о формациях — парагенезисах горных пород разного ранга. Состоявшееся в 1968 г. совещание по геологическим формациям (Ленинград) в значительной мере было посвя-

вузов. Геология и разведка, 1977, № 5; Романовский С. И. Седиментологические основы литологии. — Л., 1977; Вассоевич Н. Б., Меннер В. В. Системные уровни организации сообществ осадочных пород. — Изв. АН СССР. Сер. геол., 1978, № 11; Крашенинников Г. Ф., Каледа Г. А., Тихомиров С. В. Основные проблемы литологии и пути ее развития в СССР. — Изв. вузов. Геология и разведка, 1978, № 12; Карогодин Ю. Н. Седиментационная цикличность. — М., 1980; Рудоносность и геологические формации структур земной коры. — Л., 1981; Дмитриевский А. П. Системный литолого-генетический анализ нефтегазоносных осадочных бассейнов. — М., 1982; и др.

щено поискам решения вопроса парагенезиса, а одним из главных его итогов было введение понятия формации, отражающего представление об определенном уровне организации вещества, выделение иерархической (общенаучной), систематической (конкретно-научной, собственно формациологической) и различных целевых (в том числе тектонических, мипарагенетических и пр.) классификаций, разработка проблем онтогенеза, филогенеза и экологии формаций.

Теоретической основой систематики минералов, горных пород, формаций (парагенераций и геоформаций) является представление о виде элементарной ячейки соответствующего уровня организации, определяемой: а) по наборам видов элементарных тел (меронов) предшествующего уровня организации (в пределе — по одному из видов) и б) по типу геометрических соотношений этих тел, виду структуры, связывающей элементарные тела предшествующего уровня организации. Таким образом, элементарные ячейки характеризуют с помощью систематики. При этом границы применимости систематических моделей определенных таксонов являются границами лишь той части систематического классификационного пространства, которой отвечают систематические признаки исследуемого объекта. Геологи имеют дело с объектами конечных размеров и с их границами, в пределах которых сохраняются неизменными или изменяются лишь изоморфно элементарные ячейки, свойственные данному таксону. Достаточно часто объекты одного вида включают в себя объекты других видов.

Определение систематической принадлежности исследуемого объекта к тому или иному классу сводится к выяснению его элементарного состава на предшествующем уровне организации и структуры, вида симметрии элементарной ячейки, а также ее численных параметров. Для построения классификации объектов исследуемого уровня необходимы знания о типах их структуры, тогда как представления о видах элементов предшествующего уровня следует разрабатывать в соответствующем разделе геологии. Незавершенность систематики элементов низшего уровня затрудняет выявление структуры объектов высшего ранга. Так, несовершенство систематики горных пород серьезно препятствует определению структур формаций, на основе которых проводится их систематизация. Этот вопрос рассматривался на I семинаре Секции геологических формаций Междуведомственного тектонического комитета (Ленинград, 1976), где было решено, что формациология должна исследовать объекты двух уровней, или рангов, организации вещества:

а) элементарные породные ассоциации, парагенерации, субформации, иногда литофации; б) геотформации, геогенерации, формации (подформации). Термином «формация» обозначаются структурно-вещественно-однородные геологические тела в тех случаях, когда более точное определение их ранга (парагенерационного или геотформационного) несущественно. Геологические тела обоих уровней образуют ряды, которые являются геоценотическими ассоциациями. Различение формационных объектов двух уровней напоминает достигнутое к середине прошлого века разделение понятий атома и молекулы среди химических объектов, минерала и горной породы среди объектов геологии.

Систематика парагенераций основывается на представлении о видах образующих их элементарных ячеек. Последние определяются видами входящих в их состав горных пород и типом геометрических соотношений формируемых этими породами тел (слоев, пластов, линз и т. д.). Статистически однородные ассоциации элементарных ячеек парагенерационного уровня образуют тела парагенераций. Соответственно геотформационные тела слагаются элементарными ячейками, состав которых определяется видами парагенераций, а структура — геометрическими соотношениями их тел. Средние значения и стандартные отклонения мощностей монопородных (или монопарагенерационных) тел различных видов, слагающих парагенерационные (или геотформационные) тела, вполне позволяя проводить систематизацию последних, в то же время дают возможность использовать самые разнообразные вероятностные приемы при формационных исследованиях.

Модель элементарной ячейки геологических объектов одного и того же уровня в организации гомологична физической модели идеального кристалла твердого тела и имеет фундаментальный характер. Эта модель фундаментальна и в естественно-научном аспекте, поскольку является основой развития соответствующих систематик как привилегированных классификаций объектов фиксированных уровней организации.

Существующие классификации геологических объектов отражают лишь систематические признаки их структурно-вещественной однородности, абстрагируясь от формы, местоположения, ориентированности соотношений внутренней структуры объектов и геометрии ограничивающих поверхностей, степени концентрирования полезных ископаемых и т. д.

Иерархизация, систематизация геологических объектов и дополнительные классификации систематизированных объ-

Система понятий (1—19), используемых при

Объекты	Иерархия	Систематика			Индивидуа		
	1	2	3	4	5	6	7
Палеонтологические	1	1	1	1	1	1	1
Минералогические	1	1	1	1	1	1	1
Петрографические	1√0	1√0	1√0	1√0	1	1√0	1√0
Формационные (изучаемые генетическим направлением)	0	1√0	1√0	1√0	1	1√0	1√0
Идеализированная система	1	1	1	1	1	1	1

Примечание. 1 — понятие используется; 0 — понятие не используется;

ектов имеют непосредственное отношение к их индивидуализации. Это особенно важно, поскольку геологические объекты надминерального уровня зачастую недостаточно ясно обособляются, образуя различные ассоциации, смеси и т. п. Особое значение среди них имеют устойчиво повторяющиеся геоценозы. Геоценотические ассоциации характеризуются структурными особенностями, которые следует отличать от структурных особенностей индивидуальных объектов. Наиболее интересны упорядоченные геоценозы — сукцессии, в частности формационные ряды, ритмы осадочных пород. Геолог имеет возможность выбрать уровень рассмотрения объектов: ритм монопородных слоев может изучаться и как элементарная ячейка объекта формационного уровня, и как сукцессия-литомат объектов горно-породного уровня. Последовательность формационных тел в разрезе может быть описана либо как их ряд (т. е. геоценотическая сукцессия формационного уровня), либо как элементарная ячейка надформационного уровня организации вещества. Индивидуальные геологические объекты и их геоценозы целесообразно рассматривать как объекты одного уровня организации вещества.

Анализ неформализованных систем описания геологических, и в том числе литологических, объектов любого уровня организации показал существование гомологических понятий и их группировок, а также операций, связанных с их применением в ходе изучения объектов⁶. Здесь мы приведем лишь часть обобщенной системы понятий геологии, ко-

⁶ См.: Драгунов В. П., Айнемер А. П., Васильев В. П. Основы анализа осадочных формаций. — Л., 1974.

изучения геологических объектов

лизации			Классификация								
			по распространенности				экологическая				
8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1∨0	1∨0	1∨0	1∨0	1∨0	1∨0	1	1	1	1
1∨0	1∨0	1∨0	1∨0	1∨0	1∨0	1∨0	1∨0	1	1∨0	1	1∨0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

√ — дизъюнкция (или).

торая отвечает содержанию литологических исследований. Эту систему можно представить в форме матрицы: столбцы отражают понятия, используемые в иерархии, систематике, филогении, индивидуализации и в различных дополнительных классификациях; строки охватывают эти понятия применительно к одному из уровней организации (см. таблицу).

Операция определения уровня объекта связана с использованием понятия «быть объектом, рассматриваемым как элемент определенного уровня организации» (1), например «быть минералом»..., «быть формацией» и т. д. При определении классификационного признака используется понятие «быть элементарным объектом определенного уровня организации, принадлежащим к определенному виду» (2), например «быть пиритом»..., «быть флишем» и т. д. Понятие (2) может быть развернуто: «...быть объектом, все части которого идентифицируются с транслируемой элементарной ячейкой определенного вида, определяемой списком видов элементов предшествующего уровня организации и типом отношений образованных ими элементарных тел».

Иерархизированные и систематизированные объекты могут быть дополнительно описаны с помощью следующих понятий, которые обычно присоединяются к понятию, характеризующему систематическое положение объектов: «и принадлежать к более высокой таксономической категории» (3); «и принадлежать к более низкой таксономической категории» (4); «и ограничиваться поверхностью, отделяющей его (объект) как от иных объектов тождественного вида, так и от объектов иных видов» (5); «и образовывать включения в объекте иного вида» (6); «и содержать включения объектов иного вида» (7); «и иметь определенные пространствен-

по-временные координаты в принятой системе отсчета» (8); «и взаимодействовать с различными физическими полями» (9); «и взаимодействовать как с иными объектами тождественного и иных видов своего уровня организации, так и с объектами иных уровней» (10); «и принадлежать к ассоциации объектов тождественного и иных видов, являющихся образующими для данного уровня организации» (11); «и принадлежать к ассоциации объектов тождественного и иных видов, являющихся аксессуарными для данного уровня организации» (12); «и принадлежать к ассоциации объектов тождественного и иных видов, кларк концентрации которых в фиксированной области ~ 1 » (13); «и принадлежать к ассоциации объектов тождественного и иных видов, кларк концентрации которых в фиксированной области достигает некоторого, отличного от 1 значения» (14); «и занимать определенное положение среди объектов, онтогенетические признаки которых отражают иерархическое и филогенетическое развитие» (15); «и содержать признаки, типоморфные для определенных условий образования» (16); или конвергентные для различных условий образования» (17); «и отражать в особенностях своей структуры и состава на предшествующих уровнях организации среду и условия образования» (18); «и входить в ассоциацию объектов тождественного и иных видов, типоморфную для определенных среды и условий образования» (19).

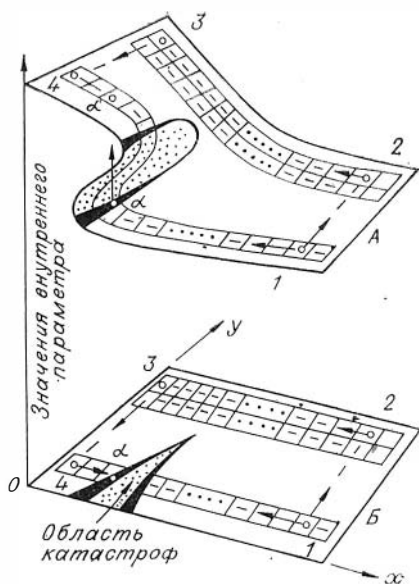
Понятие (1) относится к иерархии объектов, понятия (2) — (4) — к их систематике, понятия (5) — (10) позволяют индивидуализировать объекты, понятия (11) — (14) дают представление об их распространенности, (15) — (19) характеризуют экологические особенности образования геологических объектов.

В формальном отношении система понятий может быть образована трансляцией вектора-строки, элементами которой являются понятия (1) — (19). Транслируются строки в целом, что может интерпретироваться как равноправность (в концептуальном аспекте) построений, выполняемых на основе операций с объектами любого уровня организации.

Матричный характер моделей систем геологических понятий позволяет их сравнивать, а также верифицировать, во-первых, понятия — элементы одного столбца по другим элементам этого же столбца и, во-вторых, строки, которые объединяют понятия, характеризующие объекты относительно слабо развитых разделов по строкам, представляющим понятия хорошо разработанных разделов. Особый интерес представляет анализ двумерной модели методами теории

Схема пространства состояний периодической системы понятий и ее отображения на плоскость.

А — двумерная периодическая система понятий, моделируемая поверхностью, имеющей специфические особенности в трехмерном пространстве; *Б* — отображение поверхности *А* на плоскость управляющих параметров, интерпретируемых по оси абсцисс как понятия, характеризующие объекты фиксированного уровня организации, информационная емкость которых монотонно убывает, а по оси ординат — как частные системы понятий, расчлененность и упорядоченность которых монотонно нарастает.



особенностей и теории катастроф. В. И. Арнольд⁷ описывает схему применения указанных теорий, отмечая в основном эвристический характер и предпосылок, и получаемых выводов. Этот факт мы будем иметь в виду при дальнейшем изложении.

Полагая, что поверхность моделирует достаточно совершенную систему понятий, примем, что ее отображение на плоскость дает тот или иной реальный вариант состояния данной системы понятий и ее различных деформаций. Поверхность может испытывать изгибы в своих различных частях, в том числе и такие, что при ее отображении на плоскость *k*-я точка последней в некоторой части будет отвечать трем точкам поверхности (т. е. иметь три прообраза). Тогда поверхность приобретает особенности, отображенные сборками (см. рисунок). Внутренний параметр системы — информационная емкость понятия — может оцениваться по его положению в строке, которая соответствует частной системе понятий, достигшей наиболее высокой степени их расчлененности и упорядоченности, или, в пределе, метасистеме понятий.

При построении двумерной модели указанные особенности могут быть вызваны недостаточными теоретической раз-

⁷ См.: Арнольд В. И. Теория катастроф.— Природа, 1979, № 10.

работанностью системы понятия и их расчлененностью. В формациологии система понятий моделируется движением по линиям в тех частях поверхности, которые, по-видимому, не имеют особенностей⁸. Эти части поверхности соответствуют строкам матрицы, заключающим понятия относительно объектов тех уровней организации, теории исследования которых достаточно разработаны. В результате удается продвинуться до точек, соответствующих понятиям относительно уровня организации и таксона в пределах последнего, интерпретация которых в формациологическом аспекте означала дальнейшее движение по поверхности вне ее частей, имеющих особенности — сборки. Последующее развитие теории в сущности являлось ликвидацией сборок, соответствующих тем частям строки понятий формациологии, в которых n простых понятий замещались 2^n сложных нерасчлененных понятий. Таким образом, проблема построения обобщенной периодической системы понятий геологии в формальном аспекте является проблемой построения моделирующей ее поверхности, лишенной ведущих к катастрофам сборок.

Значительное число катастроф, происходящих до настоящего времени при построении теории геологических наук, связано с генетическими представлениями, точнее с явно завышенной оценкой роли последних и неправильно определяемом их месте в геологических построениях. Это обстоятельство заставляет обратиться к рассмотрению собственно генетических аспектов литологических исследований, среди которых целесообразно различать исследования онтогенеза и экологии минералов, горных пород, формаций (парагенезисов, геоформаций) осадочного происхождения и их ассоциаций — литом разного ранга (см. понятия (15) — (19)). Разграничение онтогенетических и экологических исследований объектов литологии становится необходимым, если, следуя принципу системности, рассматривать литологию как подсистему геологии, а геологию — как подсистему естествознания в целом. Иначе говоря, системный подход предпола-

⁸ См.: Шатский Н. С. Избранные труды, т. III. — М., 1965; Херасков Н. П. Тектоника и формации: Избранные труды. — М., 1967; Яншин А. Л. О принципах выделения геологических формаций. — Новосибирск, 1972; Борукаев Ч. Б., Башарин А. К., Берзин Н. А. Докембрий континентов. Основные черты тектоники. — Новосибирск, 1977; Вотах О. А. Структурные элементы Земли. — Новосибирск, 1979; Драгунов В. П., Айнемер А. М., Васильев В. П. Основы анализа осадочных формаций; Косыгин Ю. А., Соловьев В. А. Геологические формации и тектоника. — Геол. и геофиз., 1969, № 3; Соловьев В. А. Тектоника континентов. — Хабаровск, 1975; и др.

гает экологическое рассмотрение не только объектов, изучаемых той или иной наукой, но и понятий в рамках системы других понятий данной науки, а также положения последней среди других естественных наук.

Онтогенетические построения литологии следует основывать на биогенетическом (Мюллера — Геккеля) и геогенетическом (Григорьева — Рундквиста⁹) законах, обобщение которых может быть предложено в следующей формулировке: онтогенез повторяет иерархогенез и филогенез (таксогенез)¹⁰. Формирование объектов высшего уровня из объектов низшего уровня (конструктивный иерархогенез), равно как формирование объектов низшего уровня из объектов высшего уровня (деструктивный иерархогенез) контролируются законами сохранения массы, массы и энергии, а также, возможно, массы, энергии и информации. Взаимодействие биологических и геологических тел с их средой может быть охарактеризовано в понятиях и терминах геоценологии или экологии. Весьма перспективно разграничение исследований аутоэкологических, направленных на изучение индивидуальных объектов, а также объектов, принадлежащих к одному и тому же таксону, и синэкологических, цель которых — изучение сообществ объектов различных таксонов, составляющих те или иные единства. Синтез знаний об онтогенезе и экологии геологических, в том числе литологических, объектов позволит продвинуться по пути изучения их эволюции¹¹.

Повышению строгости эволюционных построений могло бы способствовать совершенствование системы понятий, отражающих экологические аспекты изучения геологических объектов различного ранга. Особое значение имеют исследования процессов накопления полезных ископаемых в ходе эволюции механизмов взаимодействия косного (по В. И. Вернадскому) и живого вещества, в частности процессов накоп-

⁹ См.: Рундквист Д. В. Об одной общей закономерности геологического развития.— В кн.: Общие закономерности геологических явлений, вып. 1. Л., 1965.

¹⁰ См.: Драгунов В. П. Онтогенез литологических тел в аспекте их иерархии, филогении и экологии.— В кн.: Эволюция осадочного процесса в океанах и на континентах. М., 1983.

¹¹ См.: Боголепов К. В., Жарков М. А. Проблемы эволюции геологических процессов.— В кн.: Труды Института геологии и геофизики СО АН СССР, вып. 517. Новосибирск, 1981; Соколов Б. С. Палеонтология, геология и эволюция биосферы.— Там же; Яншин А. Л., Жарков М. А. Об эволюции осадочных формаций в геологической истории.— В кн.: Эволюция осадочного процесса в океанах и на континентах. М., 1983.

ления угля, горючих сланцев, руд железа, марганца, алюминия и т. д. Так, Л. Ш. Давиташвили¹² значительно уточнил понятийную и терминологическую основы эволюционных исследований в геологии, введя заимствованные из биологии понятия об экогении, экзогенезе, экогенетической экспансии и т. д.

В заключение следует подчеркнуть, что системный подход к литологии позволяет наметить некоторые пути ее развития: создание систематики горных пород, создание систематики формаций (парагенераций и геоформаций), изучение литом разного ранга (минералогического, горно-породного, формационного), исследование онтогенеза и экологии литологических объектов. Естественно, что продвижение литологии по этим направлениям должно способствовать росту эффективности региональных геологических исследований и прогнозов месторождений полезных ископаемых, которые можно рассматривать как зоны концентрации полезных компонентов на разных уровнях организации вещества.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА В ГЕОЛОГИИ

Б. И. СМЕРНОВ, канд. геол.-мин. наук

Для современного естествознания характерна ясно выраженная ориентация на многоаспектность, всесторонность изучения сложных природных объектов. В геологии эта тенденция нашла свое отражение в комплексировании тектонических, литологических, геохимических, минералогических и других методов. Комплексирование исследований несомненно повышает эффективность геолого-поисковых работ, но вместе с тем порождает новые трудности. Одна из них — резкое увеличение объема информации, которую геолог должен надлежащим образом осмыслить. Сделать это традиционными методами крайне трудно, а в отдельных случаях практически невозможно. В связи с этим в последние годы стали все шире использоваться специальные приемы обработки геологической информации, в частности системный подход, удачно сочетающий формальные (математические методы, ЭВМ) и содержательные аспекты познавательной деятельности.

¹² См.: Давиташвили Л. Ш. Эволюция условий накопления горючих ископаемых в связи с развитием органического мира.— М., 1974.

Специфика системного метода заключается в его направленности не только на многоаспектность изучения геологических объектов (это реализуется и в комплексном подходе), но и на обязательное вскрытие и историко-генетический анализ связей между исследуемыми объектами и их свойствами. Концепция системности, в основе которой лежит идея целостности, организованности определенных природных объектов, позволяет по-новому подойти к проблеме обработки и обобщения эмпирического материала. Появляется возможность увидеть в разнообразии геологических признаков нечто общее, объединяющее отдельные объекты (или их свойства) в группы, классы, которые при известных, строго оговариваемых условиях могут рассматриваться как геологические системы.

Допустимость и правомерность системного подхода к геологическим объектам сейчас ни у кого не вызывает сомнения. Однако практическое распространение системного анализа тормозится неразработанностью ряда методических, технических и организационных вопросов. Обсуждению некоторых из них и посвящена данная статья.

В первую очередь нас интересуют формальные средства выделения, обособления геологических систем. Актуальность этого вопроса определяется ситуацией, сложившейся в настоящее время в системно-ориентированных геологических исследованиях. Единое в первом приближении системное движение все более четко расщепляется на два различающихся по своим направлениям подхода: декларативный и конструктивный. Первый опирается на следующий тезис: любой сложный объект или их совокупность априори объявляется системой, проблема задания геологической системы (ГС) здесь отсутствует. В рамках же конструктивного подхода реализуются иные принципы: допустимость выделения множества ГС на одних и тех же природных объектах, модельный характер любой ГС, целенаправленность выполняемой нами системной фрагментаризации Природы. Этот подход выгодно отличается от декларативного гибкостью, активностью, ясно выраженным модельно-целевым характером.

Как показывает опыт, в рамках декларативного подхода очень трудно получить принципиально новую информацию об изучаемых природных объектах. В этом плане конструктивный подход более перспективен, так как в каждом конкретном случае строятся именно те системы, которые максимально информативны с точки зрения решаемой геологической задачи. Вместе с тем этот подход и более трудо-

ею: как уже сказано, для его успешной реализации необходима хорошо отлаженная процедура выделения, построения ГС. С формальных позиций конструирование ГС может рассматриваться как некоторая классифицирующая процедура; для выбора же ее конкретной формы необходимо в первую очередь уточнить основное, базовое понятие — «геологическая система».

При формулировании дефиниции ГС постараемся выполнить два важных требования: полученное определение должно быть операциональным и достаточно легко формализуемым.

Среди существующих определений системы наиболее общим является определение М. Месаровича и Я. Такахары¹, которое мы запишем в следующих символах:

$$S \subset X \times Y \quad (\text{иначе } S: X \rightarrow Y),$$

где S — система, определяемая как отношение на непустых множествах X и Y ; $\times$ — декартово произведение.

В естественно-научных приложениях общей теории систем элементы множества X часто трактуются как причины, стимулы исследуемого явления, а элементы множества Y — как следствия, как результаты взаимодействия входных переменных X (среды) и системы.

Опираясь на понятие абстрактных систем, можно исследовать условия, при которых происходит соединение элементов (подсистем) $S_1, S_2, \dots, S_i$ в систему.

Сочленение элементов $S_1, S_2, \dots$ осуществляется с помощью операторов соединения, среди которых назовем оператор параллельного соединения $(+)$ и оператор каскадного соединения (o) . Заметим, что операции $(+)$ и (o) приобретают системообразующий статус лишь в том случае, если соединяемые элементы определенным образом взаимодействуют. На этом вопросе стоит остановиться подробнее.

Прежде всего, определим, что понимается под взаимодействием элементов (систем). Пусть $S_1 \subset X_1 \times Y_1$ и $S_2 \subset X_2 \times Y_2$. Две системы будем называть невзаимодействующими, если изменение входных и выходных значений одной из них никак не влияет на изменение входных и выходных величин другой, и наоборот. Более строгая формулировка может быть записана следующим образом. Если

$$S \subset (X_1 \times X_2) \times (Y_1 \times Y_2);$$

$$S_1 \subset P_1(S), \quad S_2 \subset P_2(S),$$

¹ См.: Месарович М., Такахара Я. Общая теория систем. Математические основы.— М., 1978.

где Π_1, Π_2 — операторы проектирования S в S_1 и S_2 соответственно, и

$$\Pi_1: (X_1 \times X_2) \times (Y_1 \times Y_2) \rightarrow X_1 \times Y_1; \quad (1)$$

$$\Pi_2: (X_1 \times X_2) \times (Y_1 \times Y_2) \rightarrow X_2 \times Y_2; \quad (2)$$

то системы S_1 и S_2 не взаимодействуют (при заданных X_1, X_2, Y_1, Y_2), и композиция $S_1 + S_2$ не является системой.

Реализация операторов проектирования в форме $\Pi_1 = X_1 \times Y_1$ и $\Pi_2 = X_2 \times Y_2$ указывает на отсутствие связей между входными и выходными параметрами систем S_1 и S_2 . В этом случае характер выходных сигналов Y_1 зависит только от величин X_1 , точно так же Y_2 определяется только воздействием X_2 . Кроме того, никакое изменение Y_1 не может повлиять на X_2 и тем самым — на Y_2 , и наоборот. Таким образом, соотношения (1) и (2) можно рассматривать как критерии отсутствия взаимодействия между элементами, нарушение же этих соотношений свидетельствует о связанности элементов, т. е. указывает на возможность объединения последних в систему.

Ситуация меняется, если среди $\{X_i\}$ и $\{Y_i\}$ имеются компоненты, общие для двух или более элементов множества $\{S_i\}$. Для простоты рассмотрим двумерный случай, в качестве же оператора сочленения используем параллельное соединение:

$$S_1 \subset X_1 \times Y_1, \quad S_2 \subset X_2 \times Y_2.$$

Пусть $X_1 = X_1^* \times X_1^S$; $X_2 = X_2^* \times X_2^S$, при этом $X_1^S = X_2^S = X^S$. Теперь можно записать:

$$S_1 \subset (X_1^* \times X_1^S) \times Y_1;$$

$$S_2 \subset (X_2^* \times X_2^S) \times Y_2;$$

$$S_1 + S_2 \subset (X_1^* \times X_2^* \times X^S) \times (Y_1 \times Y_2).$$

В этом случае объединение S_1 и S_2 дает систему, так как данные элементы следует считать взаимодействующими:

$$\begin{aligned} \Pi'_1 &= (X_1^* \times Y_1) \times (X^S \times Y_1) \times (X^S \times Y_2) = \\ &= (X_1 \times Y_1) \times (X^S \times Y_2) \neq \Pi_1; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Pi'_2 &= (X_2^* \times Y_2) \times (X^S \times Y_2) \times (X^S \times Y_1) = \\ &= (X_2 \times Y_2) \times (X^S \times Y_1) \neq \Pi_2. \end{aligned}$$

Таким образом, связанность S_1 и S_2 , определяющая правомерность их объединения в систему, обеспечивается существованием таких воздействий X^S , которые влияют одно-

временно и на Y_1 и на Y_2 . Аналогичное по смыслу условие обнаруживается и при анализе сочленений, осуществляемых на базе каскадного соединения. Различие лишь в том, что при параллельном соединении взаимодействие элементов (а значит, и существование системы как некоторого целостного образования) обусловлено общностью входных воздействий, тогда как при каскадном соединении — влиянием одних элементов на другие ($X_1^S = X_2^S = Z^S$, т. е. часть выходных параметров S_1 являются входами S_2). Входные воздействия X могут быть названы внешними (по отношению к системе) факторами, тогда как взаимодействия типа Z^S могут рассматриваться как внутренние системообразующие факторы. Для нас сейчас различия между X^S и Z^S не столь существенны, важна лишь их системоформирующая роль, поэтому для удобства мы будем обозначать их единым символом F^S , $F^S \subset F$.

Итак, в основу системной концепции должен быть положен тезис об определяющей роли общих факторов F^S . Однако пространственно-временная масштабность геологических объектов такова, что факторы F непосредственно не наблюдаются. Поэтому системообразующее отношение R^S не может «напрямую» оперировать с факторами F : геолог не в состоянии не только их измерить, но во многих случаях даже их перечислить. В связи с этим необходим некоторый «обходной» маневр, который позволил бы, используя принцип общих факторов, построить достаточно работоспособное отношение R^S . Здесь на помощь приходит следующее замечательное свойство общих факторов: чем больше доля F^S в общем влиянии природных факторов на исследуемый геологический объект, тем теснее связь между соответствующими выходными значениями $\{Y_k\}$. Это обеспечивает переход от ненаблюдаемых факторов F к доступным нам значениям $Y = \{Y_1, \dots, Y_k, \dots, Y_l, \dots, Y_p\}$, $Y_k = \{y_{ik} : i \in I\}$, где I — множество точек, в которых измерены геологические признаки $M = \{m_1, \dots, m_l, \dots, m_i, \dots, m_p\}$.

Значения факторов в этих же точках обозначим как $F = \{f_{gi} : g \in J, i \in I\}$, $\{f_{gi}\} = F_g$.

Значение k -го геологического признака зависит от факторов F^k , воздействующих на этот элемент; их взаимоотношения можно записать следующим образом:

$$\varphi_k : F^k \rightarrow Y_k; \quad F^k \subseteq F.$$

Аналогично, для l -го признака имеем

$$\varphi_l : F^l \rightarrow Y_l; \quad F^l \subseteq F.$$

Можно полагать, что различные признаки формируются под воздействием несовпадающих в целом комплексов факторов. Для пары признаков m_k и m_l можно записать:

$$F^k \cup F^l = F^0; F^k \cap F^l = F^s; F^s \subseteq F^0 \subseteq F.$$

Подмножество F^s , объединяющее факторы, общие для некоторой группы признаков, выступает в качестве регулятора ее целостности. Если вклад F^s достаточно велик (в рамках F^0), то соответствующая группа признаков приобретает черты системного объекта. Связанность признаков в этом случае проявляется в сопряженности изменения их значений, что может быть обнаружено и количественно измерено, учитывая вероятностный характер взаимодействия F и Y , с помощью статистических мер связи ρ .

Теперь можно сформулировать определение понятия «геологическая система», при этом удобнее будет дать отдельные определения для системы геологических свойств (I) и для системы геологических тел (II).

I. Система геологических свойств — это такая их совокупность, которая соединяет свойства (геологические признаки), сходно изменяющиеся с изменением параметров среды и характеризующиеся поэтому сопряженностью их значений.

II. Система геологических тел — группа природных объектов, характеризующихся общностью их геологической истории, что проявляется в связанности этих тел в заданном пространстве геологических признаков.

Эти определения легко формализуемы и, главное, операциональны, что позволяет алгоритмизировать процедуру конструирования ГС.

Выписанный подход реализован на ЭВМ ЕС-1022 в виде программы, включающей следующие блоки: 1) преобразование (по необходимости) исходных данных; 2) вычисление коэффициентов связи (для качественных и количественных данных); 3) анализ матриц связи и выделение групп взаимосвязанных элементов (систем). Последняя операция, являющаяся не чем иным, как некоторым специальным видом классификационных процедур, выполняется в данной программе различными методами (иерархическое группирование, модификация метода главных компонент, метод Выханду и др.), что приводит хотя и к близким, но в общем случае различающимся результатам. В связи с этим возникает задача выбора оптимальной группировки (максимальная однородность внутри групп при максимально возможном различии между ними). Важность этой задачи

определяется тем, что системы, соответствующие оптимальным классификациям, содержательно (генетически) интерпретируются относительно легко и с большей точностью.

К сожалению, не существует строгих формальных критериев, позволяющих сравнить в этом плане различные методы классификации. Поэтому нами была предпринята попытка проверить эффективность различных методов группирования на специально построенных машинных моделях типа:

$$\xi_k = A_k + B_k + C_k,$$

где $A_k = \alpha_k F^S$; $B_k = \beta_k F^*$; $C_k = \gamma_k \varepsilon$; $k = 1, 2, \dots, p$.

Приняты следующие условия: A_k и B_k , отражающие вклады соответственно общих (F^S) и специфических (F^*) факторов, независимы и нормально распределены.

Значения факторов F^S и F^* формировались с помощью программы случайных нормально распределенных чисел с нулевым математическим ожиданием и единичной дисперсией. Относительно коэффициентов α_k и β_k выполнялось следующее условие: $\alpha_k^2 + \beta_k^2 = 1$, что обеспечивало равенства

$$M(A_k + B_k) = 0 \quad \text{и} \quad D(A_k + B_k) = 1.$$

Компонента C_k — случайная погрешность измерений — вводилась в модель в двух вариантах: а) ошибка ε_k и «истинное» значение ξ_k некоррелированы; б) величины ε_k и $(A_k + B_k)$ линейно связаны, в последнем случае менялись интенсивность и направление связи. Случайная величина ε_k согласуется с нормальным законом и имеет следующие параметры распределения:

$$M(\varepsilon_k) = 0; \quad D(\varepsilon_k) = 1.$$

Общая рабочая формула модели может быть представлена в следующем развернутом виде (для k -й переменной):

$$\xi_k = \alpha_k F^S + \beta_k F^* + \gamma_k [g_k (\alpha_k F^S + \beta_k F^*) + d_k \varepsilon_k],$$

где коэффициенты g_k и d_k , выражающие степень связанности $(A_k + B_k)$ и случайной погрешности, удовлетворяют соотношению $g_k^2 + d_k^2 = 1$.

Всего смоделировано 15 переменных, для каждой из них подбор коэффициентов α и β выполнен таким образом, чтобы обеспечивалось разнообразие соотношений общих и специфических факторов. Кроме того, предусмотрено некоторое перекрытие формируемых ассоциаций (систем). Например, переменная ξ_7 , входящая в систему S_2 , имеет общие факторы с элементами, принадлежащими системам S_1 и S_3 .

Коэффициенту γ присваивались значения, регулирующие величину погрешности измерений на следующих уровнях: 0,5 (т. е. в общей изменчивости ξ_k доля случайной ошибки составляет 50%), 0,25 и 0. Для зависимых погрешностей путем соответствующей манипуляции величинами коэффициентов g_k и d_k предусматривались изменения силы и направления связи ($\rho = \pm 0,2$, $\rho = \pm 0,9$). Все это позволило исследовать устойчивость и эффективность классифицирующих (системоиндуцирующих) процедур в широком диапазоне условий.

СИСТЕМНАЯ ОЦЕНКА МЕСТА КОМПЛЕКСА ГЕОФИЗИЧЕСКИХ И ГЕОХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРЯМОГО ПОИСКА ЗАЛЕЖЕЙ НЕФТИ И ГАЗА В ГЕОЛОГО-РАЗВЕДОЧНОМ ПРОЦЕССЕ

*Н. А. ГРИБОВА, канд. геол.-мин. наук,
В. Е. ДИНИСЕНКО, канд. геол.-мин. наук,
М. А. КИРИЧЕК, канд. геол.-мин. наук,
Е. В. СТАДНИК, канд. геол.-мин. наук*

Прямые поиски, начатые в 30-е (геохимия) и 50-е (геофизика) годы, только в последнее время начали внедряться в масштабах отрасли в результате общего повышения научно-технического уровня традиционной геологоразведки и накопления опыта работ в различных геолого-геофизических условиях практически во всех нефтегазоносных провинциях СССР.

Под проблемой прямых поисков понимается круг задач по получению информации о наличии в недрах залежей углеводородов (УВ) с помощью геофизических, геохимических и других методов¹. На практике, согласно координационному плану по Министерству геологии СССР на 1982—1985 гг., это реализуется в направлениях решения следующих геологических заданий: 1) региональный прогноз нефтегазоносности территорий; 2) локальный прогноз по выделению аномалий типа залежи (АТЗ); 3) оценка АТЗ; 4) оценка нефтегазоперспективности структур, ранее подготовленных к бурению; 5) подготовка к бурению объектов АТЗ (в соответствии с «Положением о порядке приема и

¹ См.: **Временные методические указания по проведению геофизических работ с целью прямых поисков залежей нефти и газа**/Под ред. В. Ю. Зайченко и др.— М., 1979. **Геохимические методы поисков нефтяных и газовых месторождений**/Л. М. Зорькин, Н. В. Лопатин, О. В. Барташевич и др.— М., 1980.

Прямые поиски залежей нефти и газа комплексом геофизических и

Этап	Подэтапы	Стадия	Основные задачи и цели применения методов	
			геохимических	геофизических
1	2	3	4	5
Поисковый	Регионально-поисковый	Обзорно-рекогносцировочная (прогноз нефтегазоносности осадочного бассейна)*	Выбор возможно нефтегазоносного бассейна и уточнение его границ. Построение геодинамической модели бассейна в целом. Выявление аномалий типа — область, регион, пояс — АТО. Подсчет запасов по категории D_2 . Выделение первоочередных объектов (ОТО) для постановки регионально-площадных работ	Меж- и внутрирегиональный прогноз нефтегазоносности (по региональным профилям) крупных наиболее перспективных областей нефтегазонакопления, связанных с поясами регионального выклинивания, литологического замещения, стратиграфического несогласия, тектонического экранирования, а также с крупными сводами (типа Астраханского, Нижнеартовского и др.). Подсчет запасов по категории D_2 — D_1
		Регионально-площадная (выявление и оценка зон нефтегазоносности)*	Выбор и уточнение границ наиболее перспективного нефтегазоносного региона (ОТО). Построение геодинамической модели региона, области, пояса. Прогноз нефтегазоносности региона в целом. Выявление аномалий типа узел, зона, район — АТР. Подсчет запасов по категории D_1 . Выделение первоочередных объектов (ОТР) для постановки детально-площадных поисков.	Локализация и детализация перспективных зон и площадей в пределах крупных областей нефтегазонакопления — локальный прогноз АТЗ — аномалий типа залежь. Подсчет запасов D_1 , при благоприятных ситуациях — C_3

геохимических методов в общем процессе геолого-разведочных работ

Комплексные методы исследования		Факторы, обеспечивающие повышение эффективности геолого-разведочных работ
дистанционные, геохимические и др.	геофизические	
6	7	8
Дистанционные (космические) съемки обзорного масштаба: многозональная, радиолокационная, сканерная; наземные рекогносцировочные маршрутные съемки: геоморфологическая, геоботаническая, фитохимическая, геомикробиологическая, гидрогазохимическая, газобioхимическая по снежному покрову. Наземное целевое геокартирование с попутными мелкомасштабными поисками. Гидрогазобioхимические исследования в гидрогеологических, сверхглубоких, геохимических и других скважинах. Изотопно-радиохимические работы. Инфракрасная, сканерная по ряду зон спектра, радиолокационная, поляризационная, аэрокосмическая съемки Дистанционные исследования в региональном масштабе. Тот же комплекс наземных, профильных и площадных региональных съемок и исследований в скважинах (в том числе в опорных, параметрических и специальных геохимических). Наземные — эманиционная и литохимическая — съемки. Терморазведка, тепловизионная и другие съемки	Комплексные исследования по межрегиональным и региональным профилям: магниторазведка, сейсморазведка, электроразведка, высокоточная гравипразведка На перспективных участках площадные высокоточные съемки экспресс-методами: аэромагнитометрическая, гравиметрическая	Повышение достоверности прогнозирования нефтегазоносности (региональный, зональный и локальный прогноз). Концентрация и рациональное комплексирование последующих работ на наиболее перспективных территориях. Более обоснованный выбор территорий и местоположения опорных и параметрических скважин Повышение надежности геологического обоснования и ускорение подготовки прогнозных запасов до D_1 и до перспективных (геологических — $C_3 - C_2$) (при наличии объектов АТЗ в достаточно изученных структурно-фациальных условиях)

1	2	3	4	5
Поисковый	Детально-поисковый	Детально-площадная (выявление и подготовка площадей к глубокому поисковому бурению)*	Выбор перспективных объектов (ОТР) и уточнение их границ. Построение геодинамической модели зоны, узла, района в целом. Выявление аномалий типа локальная структура или неструктурная ловушка — АТЛ. Подсчет запасов по категории C_3. Выделение первоочередных локальных объектов (ОТЛ) для постановки поискового бурения и локально-оценочных работ	Выявление и подготовка объектов АТЗ — в пределах имеющегося фонда выявленных структур и ловушек неантиклинального типа и др. (отбраковка неперспективных ловушек), в возможных ловушках неантиклинального типа, в невыявленных ко времени проведения прямых поисков малоамплитудных структурах. Подсчет запасов C_2, при наличии ближайшей продуктивной скважины — до C_1
		Локально-оценочная (поиски месторождений и залежей)*	Выбор наиболее перспективной локальной структуры или неструктурной ловушки и уточнение ее границ (ОТЛ). Построение геодинамической модели возможного месторождения. Выявление аномалий типа залежь — АТЗ. Подсчет запасов по категориям $C_2 - C_1$. Оценка месторождений с целью разведки первоочередных объектов (ОТЗ)	Прослеживание и уточнение контуров нефтегазоносности (ВНК, ГВК). Построение прогнозной физико-геологической модели месторождения. Подсчет запасов C_1, в конце поискового — начале разведочного этапов — до категории В

6	7	8
Детальные дистанционные и наземные, перечисленные выше площадные съемки разных масштабов. Точная топография. Дополнительно: литохимия, газометрия, газовый каротаж, геомикробиология, битуминология, гидрохимия в глубоких скважинах (по опорным горизонтам), в том числе структурных Многоязычный каротаж в глубоких скважинах; геотермия, термобарохимия, другие комплексы геологических, геофизических и геохимических методов, позволяющие оконтурить АТЗ по нефтегазоперспективным отложениям Оценочные немасштабные аэрокосмические, наземные и скважинные (в том числе в поисковых скважинах) геобиологические, газовые, гидрохимические, битуминологические, литологические исследования	Минимум один из следующих видов работ: 1) сейсморазведка по пересекающимся профилям; 2) площадные съемки одним из методов: гравиразведка, магниторазведка, электроразведка (при условии подтверждения сейсморазведкой или бурением связи АТЗ с залежами на ближайшем объекте) Наземные наблюдения с использованием скважин: сейсмическое просвечивание, электроразведка и др.; специальные виды каротажа: динамический, акустический, гравитационный и др.	Пополнение нефтегазоперспективного фонда объектами нового типа — АТЗ с определением пространственного положения предполагаемых залежей. Отбраковка неперспективных структур и выделение первоочередных площадей для ввода в поисковое бурение. Обоснование оптимальных условий бурения и испытания скважин на перспективных площадях. Повышение достоверности геологического обоснования запасов по категории C_2, а при наличии первых продуктивных скважин — до C_1 Уменьшение количества скважин, бурящихся для доказательства неперспективности (с учетом отрицательного прогноза по отсутствию АТЗ). Обоснование размещения, режима бурения и испытания поисковых скважин в оптимальных условиях. Уточнение некоторых подсчетных параметров, используемых при оценке запасов. Повышение категории оцениваемых запасов до C_1 — B

1	2	3	4	5
Разведочный	Предварительный	● Оценка месторождений, залежей	Детализация положения ВНК, ГВК по мере получения новых данных бурения. Прослеживание ВНК, ГВК в слабо изученных продуктивных пластах. Контроль за продвижением контуров и режимом месторождений (на стадии опытно-промышленной и промышленной эксплуатации). Подсчет запасов по категории В	

* В скобках даны названия стадий согласно «Положению об этапах и ста

учета нефтегазоперспективных структур и объектов аномалий типа залежь (АТЗ) и подготовки их характеристик для ввода в ЭВМ» [М., 1979]); 6) прослеживание положения газодопефтяных контактов на месторождениях.

Прямые поиски рассматриваются в качестве составной части процесса геолого-разведочных работ на нефть и газ и направлены на повышение его эффективности. Это достигается составлением карт в изолиниях отдельных или комплексных геофизических (и геохимических) параметров, специфически аномальные изменения которых связываются с влиянием нефтегазовых залежей. Эти карты, дополняющие структурные построения, позволяют прогнозировать пространственное положение залежей до постановки поискового бурения, а в конце поискового и начале разведочного этапов — уточнять положение контура нефтегазонасности с использованием первых продуктивных скважин. В ряде регионов страны (Восточная Сибирь, Узбекистан, Мангышлак) исследования с целью прямых поисков способствовали открытиям новых месторождений, контролируемых в основном пеструктурными факторами: на Непском своде — литологическими ловушками в зонах выклинивания, в Бухаро-Хивинской области — рифами. Большое практическое значение придается прямым поискам в условиях региональных зон выклинивания продуктивных горизонтов в Западной Сибири.

Для повышения эффективности и реализации разрешающих возможностей методов прямого поиска необходимо ра-

6	7	8
Периодические наблюдения на долговременных геохимических и геофизических пунктах — ДГП на месторождениях и газохранилищах по мере их разработки		Обоснование оптимального размещения скважин на начало разведочного этапа. Уточнение пространственного положения выявленных и обнаруженных дополнительных залежей. Сокращение объемов оконтуривающего бурения. Ускорение процессов подготовки запасов по промышленным категориям и ввода месторождения в эксплуатацию

дних геолого-разведочных работ» (М., 1984).

циональное вписание их в общий процесс геолого-разведочных работ. Предварительные рекомендации по этому вопросу были включены в упомянутые «Временные методические указания...», опубликованы в справочниках², демонстрировались на ВДНХ, апробировались на соответствующих совещаниях. Рекомендации оказались созвучными новому «Положению об этапах и стадиях геолого-разведочных работ на нефть и газ» (М., 1984). Ниже представлена система разработок по проблеме прямых поисков, выполненная во ВНИИ Геофизика и ВНИИЯГГ и имеющая целью адаптировать к названному «Положению» организацию работ по прямым поискам месторождений нефти и газа (см. таблицу).

Рекомендации, сведенные в табличную форму-схему, затрагивают с различной степенью конкретизации следующие методические вопросы:

- 1) последовательность геолого-разведочного процесса — этапы, подэтапы и стадии — применительно к решению задачи прямого прогнозирования;
- 2) главные цели и задачи по подэтам и стадиям;
- 3) методы и комплексы методов полевых наземных и скважинных работ (также по подэтам и стадиям);

² См.: Сейсморазведка: Справочник геофизика/Под ред. И. И. Гуревича, В. П. Номокунова.— М., 1981; Комплексирование методов разведочной геофизики: Справочник геофизика/Под ред. В. В. Бродового, А. А. Никитина.— М., 1984.

4) возможные факторы, обеспечивающие повышение эффективности общего геолого-разведочного процесса при применении в него методов геофизических и геохимических исследований с целью прямого прогнозирования нефтегазоносности.

В основе системного рассмотрения этих вопросов лежит иерархическая структуризация модели объектов поисков, а прогноз и оценка геологического разреза с целью выявления месторождений нефти и газа прямыми геофизическими и геохимическими методами (комплексные поиски нефти и газа — КППГ) рассматриваются как сложная многокомпонентная система со специфическим входом и выходом, меняющимися в процессе геолого-разведочных работ прямыми и обратными связями между элементами, со своими ограничениями и системными свойствами.

В перспективе построение модели КППГ, всесторонний анализ этой сложной системы, выяснение ее эмергентных свойств дадут возможность разработать математическую основу последовательного комплексного зондирования геологического пространства иерархической совокупностью методов по схеме космос — воздух — Земля — скважина и оптимизировать весь геолого-разведочный процесс. Целенаправленность этой системы будет обеспечиваться информативными параметрами и корректироваться с учетом помех среды и ошибок измерений параметров и прогноза.

В настоящее же время оптимальный комплекс методов формируется в соответствии с районированием (геотектоническим, физико-географическим, литолого-геохимическим и др.) по условиям применимости тех или иных методов. Апробирование его осуществляется опытными-методическими работами соответствующего масштаба. Важны те методы, которые экономичны, дают информацию об объектах, затрудняющих поиски (соли, угли, вулканы, болота, мерзлота и др.).

Особенностью входного элемента системы КППГ — объекта исследования — является его иерархичность. Максимальным по объему объектом должен быть осадочный бассейн с обрамляющими его горными сооружениями по laterали и кристаллическим фундаментом по глубине — будущий нефтегазоносный бассейн (или его структурно-обособленная область). Учитывая очаговый характер нефтегазогенерации, дискретное размещение путей подтока углеводородообразующих флюидов, коллекторов и покрышек, следующими уровнями иерархии объектов исследования мы считаем: перспективную область, пояс, регион —

зону, узел, район — локальную площадь, ловушку, месторождение — залежь, блок, горизонт.

Иерархичны и выходные элементы — объекты поисков: нефтегазоносные область — район, локальная площадь — залежь. Если увязать дискретность разрешающей способности геофизических и геохимических методов и существующие уровни генерализации выходной информации с иерархичностью естественно существующих объектов исследования и поиска, то структуру КПНГ можно представить следующим образом. Все работы разведочного этапа целесообразно оставить под названием поисковый этап, разбив его на регионально-поисковый и детально-поисковый подэтапы, чтобы не вычленять искусственно региональные работы. В подэтапах следует выделить по две стадии соответственно: обзорно-рекогносцировочную и регионально-площадную, детально-площадную и локально-оценочную. Каждой стадии соответствуют свои объекты исследования и поиска, а значит, и две подстадии: 1) исследование объектов поиска предыдущей стадии на предмет выявления соответствующих объектов поиска и 2) подготовку их как объектов исследования следующей стадии работ.

Предложенная модель преемственно-циклической структуры КПНГ предполагает исследование вначале значительных территорий различными методами (аэрокосмическими и наземными маршрутными и профильными обзорно-рекогносцировочными съемками, сверхглубоким бурением), разрешающая способность которых не позволит пропустить крупные перспективные в отношении нефтегазоносности аномалии типа область (АТО). В дальнейшем уменьшаются размеры объектов поиска (аномалии типа район, локальная площадь и залежь — АТР, АТЛ и АТЗ) и возрастают точность и надежность зондирования. От обзорно-рекогносцировочной стадии переходят к космоаэронадземным регионально-площадным съемкам и опорному бурению, затем к космоаэронадземно-скважинным детально-площадным исследованиям и структурному бурению и далее к поисковому бурению и космоаэронадземно-скважинным локально-оценочным исследованиям.

Особое значение следует придать методам дистанционного зондирования геологического разреза как геофизическими, так и геохимическими методами, например из космоса. Комбинируя дистанционные съемки с помощью различных спектров волновых излучений и частиц разной энергии и массы с результатами традиционных наземных и скважинных исследований, можно получить на каждой стадии неф-

тегазопоискового процесса перспективные объекты соответствующего масштаба. В каждом шаге повторяется элементарный цикл КПНГ с переходом АТО, АТР, АТЛ и АТЗ в объекты типа область, район, локальная площадь, залежь (ОТО, ОТР, ОТЛ и ОТЗ), построенным их геодинамическим моделям, подсчетом запасов по категориям от D_2 к D_1 , C_3 , C_2 — C_1 .

В таблице представлены, в сущности, набор имеющихся методов прямого прогнозирования нефтегазоносности и его возможное использование на отдельных стадиях нефтегазопоисковых работ, т. е. показана последовательность процедур (алгоритм) прямых поисков применительно к организации работ³. Можно априори констатировать избыточность предлагаемых средств прямого прогнозирования при недостаточной (неодинаковой) отлаженности (разработанности и апробации) отдельных методов. Предложенная схема может быть основой для более детальной работы по формированию рациональных комплексов прямых методов⁴. В качестве методической основы для оптимизации целесообразно применить системно-кибернетический подход, рассматривая методы изучения недр как сложную информационную систему. При таком подходе должна строго соблюдаться иерархия действий, нацеленная на оптимизацию выделения известных признаков полезного сигнала от источника или, в приложении к геолого-геофизическим методам, от объектов поисков, в качестве которых в данном случае выступают реальные модели нефтегазоносных бассейнов, областей, узлов (зон), локальных площадей, залежей нефти или газа. При этом критерием оптимизации системы может быть показатель эффективности $P = I/C$, в котором I — геологическая информативность метода, а C — стоимость информации⁵.

³ См.: Киричек М. А. Системный подход как необходимый инструмент повышения эффективности НИОКР и внедрения комплекса геофизических (и других) методов при нефтегазопоисковых работах (на примере проблемы прямого прогнозирования нефтегазоносности): Тезисы доклада на Всесоюзной конференции «Системный подход в геологии». — М., 1983, с. 71—73.

⁴ См.: Микальцев А. К., Киричек М. А., Петухов А. В. Прямое прогнозирование месторождений нефти и газа с применением комплекса геофизических и геохимических методов. — В кн.: Доклады на XXVII Международном геологическом конгрессе. М., 1984, т. 8, с. 134—153.

⁵ См.: Киричек М. А. Состояние и пути повышения эффективности методов, основанных на наблюдениях электромагнитных полей при нефтегазопоисковых работах. — В кн.: Современные геофизические исследования на нефть и газ. М., 1980, с. 108—142.

Для оценки информативности комплексов, а также отдельных каналов и их звеньев необходимо оперативно выбирать и обновлять соответствующие унифицированные и конкретные эталоны, а также согласно теории информации применять критерии: а) достаточность общего объема предоставляемой информации; б) возможность усиления полезного сигнала до технически надежной величины и в) вероятность получения новой информации об объектах.

Для эффективной фильтрации полезного сигнала прежде всего должны быть последовательно оптимизированы все звенья технологических цепочек отдельных каналов, доставляющих информацию. В случае геофизических и геохимических методов сложный (разнородный) фильтрующий канал последовательно составляют: 1) измерительная аппаратура; 2) системы регистрации (методика наблюдений); 3) первичная и 4) специальная обработка; 5) качественная, количественная и 6) геологическая интерпретация.

Последующими иерархически более высокими уровнями оптимизации являются: 1) комплексы отдельно геофизических, геохимических и других методов; 2) общие комплексы (система) для аэроземных и скважинных исследований; 3) комплексы в простых, осложненных и сложных геолого-геофизических условиях и 4) на разных стадиях поисково-разведочного процесса. Создание рациональных комплексов возможно лишь на базе долговременного целевого планирования работ, которое практикуется по проблеме прямых поисков в отдельных регионах и в целом по отрасли. Целевое начало и эффективность многочисленных работ по проблеме могли бы быть усилены посредством их планирования на основе системного подхода и аналитических расчетов, предусматриваемых системным анализом. Многоуровневые целевые программы позволяют: 1) повысить степень использования и концентрации имеющихся в отрасли ресурсов для разработки проблемы и внедрения результатов НИР; 2) в определенной степени унифицировать технологию прямых поисков и 3) создать рациональные технологически оптимизированные комплексы методов для отдельных регионов. Для реализации таких комплексов необходимы создание в отраслевых и головных НИИ, а также в производственных организациях комплексных подразделений или перестройка структуры существующих применительно к системной работе по целевым программам.

Изложенные выше рекомендации направлены на повышение эффективности геолого-разведочных работ на каждом его этапах, подэтапах и стадиях. В таблице (графа 8) при-

ведены основные факторы, которые должны обеспечить значительное повышение эффективности геолого-разведочного процесса в целом благодаря большей точности прогноза и поиска, ускорению темпов подготовки и дополнительному приросту запасов по более высоким категориям.

О СИСТЕМНОМ ПРЕДСТАВЛЕНИИ ОБЪЕКТОВ ГЕОЛОГО-РАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ НА НЕФТЬ И ГАЗ

С. М. ОСТРОВСКИЙ, канд. геол.-мин. наук,

В. М. ОСТРОВСКИЙ, канд. геол.-мин. наук

Несмотря на отдельные успехи, эффективность геолого-разведочных работ (ГРР) на нефть и газ остается, как известно, не очень высокой. В самом деле, не подтверждено выделение некоторых «структур» и «аномалий типа залежь», выявленных геофизическими методами, а также геохимических аномалий; пропускаются залежи, особенно приуроченные к ловушкам неструктурного типа и т. п. Основными причинами такого положения, на наш взгляд, являются: а) сложность и уникальность многих геологических объектов, не позволяющие установить универсальные закономерности нефтегазоносности; б) трудность комплексной организации научной и практической деятельности, обеспечивающей и реализующей ГРР. Решение проблемы затрудняется в связи с выходом в малоосвоенные районы, на большие глубины, в шельф.

В последние 20 лет надежды на повышение эффективности ГРР связывались с формализацией понятий, логико-математическим моделированием природных объектов и процессов, созданием информационно-поисковых систем, включающих банки данных на ЭВМ, и автоматизированных систем управления. Однако практическая значимость работ в этих направлениях оказалась не такой, как ожидалось.

Ярко выраженный межпредметный и межпрофессиональный характер геологической деятельности с необходимостью ставит вопрос о таком представлении объектов, которое обеспечивало бы интеграцию разнонаправленных действий, и в последнее время предложено несколько подходов к выработке этого представления, в частности деятельностный.

Всякая мыслительная деятельность включает в себя знание о деятельности и знание об объекте деятельности¹. Исходным же материалом для такого системного знания об объекте служат разнопредметные представления. Но у нас не было эффективных средств для преобразования исходных представлений в системные. Поэтому в рамках семинара по системным исследованиям в геологии при МИНХ и ГП им. И. М. Губкина в 1983—1984 гг. проанализировано понятие системного объекта, который трактовался как процесс проблематизации. Составляющими этого процесса в методологическом плане можно считать организацию актуальных конфликтов, выявление и критику оснований, переход к анализу средств, смену целей, перевод проблем в задачи и постановку новых проблем.

Объект познания можно представить и как развивающуюся систему мыследеятельности².

На семинаре рассматривались не столько сами представления объектов (считалось, что собравшиеся профессионалы их фиксируют и удерживают в сознании), сколько пути и средства перехода от множества разрозненных и односторонних представлений объекта к единому и целостному представлению.

В этой коллективной деятельности выявились реальные конфликты как между представителями разных организационных уровней — производителями, учеными, методологами, руководством, так и внутри уровней — между разными подходами, профессиями, предметами. В процессе взаимной критики позиций и подходов выявлялись реальные пути к выработке приемлемого для всех представления об объектах ГРР. Дискутировались, в частности, следующие проблемы:

- 1) движение от частных определений к полному (достаточному) определению;
- 2) методы определения понятия объекта в геологии;
- 3) выработка системных представлений геологических объектов.

Деятельность участников семинара была дифференцирована: одна группа обсуждала понятия геологических объек-

¹ См.: Щедровицкий Г. П. Принципы и общая схема методологической организации системно-структурных исследований и разработок.— Системные исследования. Ежегодник. 1981. М., 1981, с. 193—228.

² См.: Щедровицкий Г. П., Котельников С. И. Организационно-деятельная игра как новая форма организации и метод развития коллективной мыследеятельности.— В кн.: Нововведения в организациях: Труды семинара. М., 1983, с. 33—54.

тов и способы конструирования этих понятий, другая — специфические проблемы системного анализа, третья — направления методологической деятельности и т. д. В отношении понятий были зафиксированы следующие оппозиции:

1) понятия *не являются определяющими* для практической деятельности, в частности для ГРП;

2) понятия *необходимы* в виде: а) универсальных определений; б) набора целевых (разнопредметных, разнопрофессиональных) определений; в) системомыследеятельностного представления с учетом типовых ситуаций их употребления.

Были проанализированы основные точки зрения на понятия объектов ГРП, в частности критика первой позиции. Обоснование необходимости логически оформленных однозначных понятий для выявления закономерностей распространения нефтегазопосных и перспективных объектов дано в некоторых работах А. А. Трофимука, Ю. Н. Карогодина, Э. Б. Мовшовича³. В других же работах⁴ рассмотрены определения понятий «ловушка», «залежь», «месторождение», «зона нефтегазонакопления», зафиксированные в советской и зарубежной справочной и учебной литературе. С позиций логической непротиворечивости и практической применимости выявлены неоднозначность, недостаточная полнота, неформализованность дефиниций, невзаимосвязанность по вертикали (в иерархическом ряду «ловушка» — «залежь» — «месторождение» — «зона» и т. д.) и по горизонтали (между разными определениями одного уровня). В предложенных новых определениях сделан упор на полноту параметров (компонентов), принципиальную выводимость определений друг из друга.

Проведенный нами дополнительный анализ подтвердил наличие названных недостатков. К ним можно отнести также следующие: большинство определений ловушки, залежи,

³ См.: Трофимук А. А., Карогодин Ю. Н., Мовшович Э. Б. Проблемы совершенствования понятийной базы геологии нефти и газа. — Геол. и геофиз., 1983, № 8, с. 3—8; Мовшович Э. Б. Системный подход к выделению нефтегазоносных объектов. — В кн.: Системные исследования в геологии каустобиолитов. М., 1984, с. 107—136.

⁴ См.: Трофимук А. А., Карогодин Ю. Н., Мовшович Э. Б. Проблемы совершенствования понятийной базы геологии нефти и газа. Уточнение понятия «залежь». — Геол. и геофиз., 1980, № 5, с. 3—9; Карогодин Ю. Н., Трофимук А. А., Мовшович Э. Б. Проблемы совершенствования понятийной базы геологии нефти и газа на примере понятия «месторождение». — Там же, 1981, № 4, с. 15—24; Трофимук А. А., Карогодин Ю. Н., Мовшович Э. Б. Проблемы совершенствования понятийной базы геологии нефти и газа на примере понятия «зона нефтегазонакопления». — Геол. и геофиз., 1982, № 5, с. 5—11.

месторождения, зоны неопределенны, поскольку не фиксированы границы их употребления. Так называемые «естественные» определения объектов претендуют на некоторую универсальность, но они отражают лишь отдельные стороны (свойства, связи) объекта (к тому же исследователи толкуют их по-разному).

Поскольку ни в одном из известных нам источников по нефтегазовой геологии не зафиксированы принципы, способы и средства выработки определений, можно считать, что они получены на основе анализа, классификации и обобщения прежде всего эмпирических данных. Если при этом исследователи и опирались на какие-то логико-методологические принципы, то в самих дефинициях это не отражается. Более того, дефиниция как средство раскрытия содержания в виде дискурсивного перечисления небольшого набора компонентов по основным (наиболее распространенным) значениям⁵ в принципе не дает целостного представления об объекте.

Вдобавок входящие в дефиниции слова многозначны. Вследствие этого, задача конструирования полного или системного представления объекта становится невыполнимой.

Выработке системных представлений мало способствуют и различного рода классификации, распространенные в геологии и смежных науках, — иерархические или фасетные, по одному или нескольким признакам, поскольку нечетко заданы множества объектов или понятий и основания их разделения. И здесь уместны следующие вопросы:

1. В чем особенность современных геолого-разведочных работ и какие проблемы мы собираемся решить?

2. Как создаются понятия и какова их роль в деятельности?

3. Какие требования предъявляются к системному представлению объекта?

Первая особенность разведочных работ — это их разнопредметный и разнопрофессиональный характер. Процесс ГРП можно представить как производство объектов внутри одной деятельности для использования их в другой. Например, залежь как объект подготавливается на стадии разведки для последующей передачи ее в разработку. Рассогласование деятельности будет продолжаться до тех пор, пока исследователи считают, что объекты существуют только в природе. Для каждого профессионала залежь, например,

⁵ См.: Кацнельсон С. Д. Содержание слова, значение и обозначение. — М. — Л., 1965.

выглядит по-разному. Поисковика могут интересовать тектонические, литологические и иные геологические закономерности, разработчика — свойства нефти и пр., для буровика, возможно, вообще не существует такого понятия, а следовательно, и самой залежи.

Вторая особенность геолого-разведочных работ — природная уникальность объектов исследований. Эта уникальность не позволяет строить жесткие технологические линии, применять фиксированные средства и четко знать, что именно мы получим в качестве продукта. Следовательно, требуется постоянная адаптация к меняющимся условиям путем создания новых средств и методов. Поэтому геологическую деятельность следует рассматривать как техническую (т. е. такую, продуктом которой являются средства), в отличие от познавательной. Но каждая произведенная вещь становится средством, если, во-первых, она функционально определена как средство (а для этого следует иметь соответствующее понятие средства), а во-вторых, определены условия связи морфологического наполнения с функциональным местом. Для того чтобы эти процедуры использовать нормально, необходимо схематически изобразить процессы совмещения и стыковки различных деятельности с выделением передаваемых объектов и средств. Если использовать понятие системы как единства описания процессов, морфологии, субстрата, структуры функций и структур связей⁶, то основными и важнейшими шагами в системно-структурном анализе ГРП станет структурно-функциональная и морфологическая проработка схем деятельности.

Таким образом, системное представление определяется не столько тем, что репрезентируется и в какой форме, сколько тем, как оно прорабатывалось и создавалось, т. е. предполагается получить системно проработанные схемы превращения объектов в процессе деятельности, в частности геолого-разведочных работ.

Итак, рассматривая понятие «залежь» с технической позиции, мы должны задать следующие вопросы:

1. Чего мы «ждем» от понятия «залежь»?
2. Каковы особенности понятия, которые могут удовлетворить наши ожидания?

Очевидно, что понятие «залежь» должно ориентировать на различные совокупности знаний, вырабатываемых в од-

⁶ См.: Шедровицкий Г. П. Два понятия системы. — В кн.: Труды XIII Международного конгресса по истории науки и техники. М., 1974, с. 149—153.

них деятельности и потребляемых в других. Природная компонента при этом выступает только в качестве материала, на котором разворачиваются деятельности⁷. Понятие «залежь» будет осмыслено только при структурно-функциональной и морфологической проработке схем, отражающих технологию геолого-разведочных работ.

Следует, видимо, различать понятие «залежь» как организм⁸, имеющий свою структуру и позволяющий связывать различные типы деятельности, с одной стороны, и как целевое определение — с другой. При всех ситуативных различиях определений залежи существует их предметная отнесенность к материалу. Содержание понятия «залежь» должно задавать объект обсуждения или тип деятельности.

В процессе разработки системных представлений об объектах ГРП постоянно происходила смена иерархии целей вследствие возникновения непредвиденных проблем, т. е. из-за недостатка инструкций, знаний, опыта и т. п., но системное представление должно вырабатываться в комплексном коллективе специалистов — геологов, геофизиков, геохимиков, технологов, экономистов, плановиков и при обязательном участии методолога. Формы организации здесь могут быть различными: функциональные подразделения, совещания экспертов или (как одно из эффективных средств решения проблем) организационно-деятельностные игры, рекомендуемые на разных уровнях в зависимости от назначения разрабатываемого понятия — в научно-исследовательских институтах, производственных объединениях, управлениях, министерствах и ведомствах.

Залежь нефти и (или) газа задается функционально как скопление УВ в земной коре, экономически актуальное с точки зрения поисков, разведки, эксплуатации, последующей транспортировки и переработки сырья. Актуальность означает также рентабельность и ограничение деятельности согласно ценностным ориентирам и теоретическим концепциям. Рентабельность же определяется такими экономическими параметрами, как цены на сырье, время и стоимость работ, и зависит от современного состояния и перспектив развития техники и технологии геолого-разведочных работ.

⁷ См.: **Островский Б. М., Элланский М. М.** Системы исследования иерархических систем объектов в задачах нефтегазовой геологии. — В кн.: Тезисы докладов Всесоюзной конференции «Системный подход в геологии». М., 1983, с. 101—103.

⁸ См.: **Щедровицкий Г. П.** Проблемы методологии системного исследования. — М., 1964.

Целевые представления об объектах ГРП на нефть и газ следует разрабатывать как основу для прогноза природной составляющей и для проекта деятельности организаций. Прогноз и проект разрабатываются на определенный срок (до пяти лет и более). При этом должны учитываться такие природные и деятельностные показатели, как географические (топография, ландшафт), геологические (тектоника, стратиграфия, литология, гидрогеология), физико-химические (состав и фазовое состояние флюидов), пространственные (глубина, координаты, размеры объектов), административные (район, организации, ведущие работы), технологические (методы и аппаратура), экономические (стоимость работ, цены на нефть), комплексные (запасы УВ, особенности территории), природоохранные. Набор показателей может быть расширен или изменен в новых ситуациях (например, при морских ГРП).

Системные представления об объектах ГРП должны выработаться в разных формах с обязательным включением онтологических и организационно-деятельностных схем, топологических таблиц и развернутых текстов и должны соответствовать стратегии освоения нефтегазовых ресурсов. Такая работа, проводимая регулярно с учетом динамики ситуаций в мире, стране, отрасли, регионе, приведет к изменению методов, перестройке организационной структуры, планирования и финансирования и в конечном итоге к существенному повышению эффективности геолого-разведочных работ на нефть и газ.

ВОПРОСЫ ТОЖДЕСТВА И РАЗЛИЧИЯ В СЕДИМЕНТОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Ю. П. КАЗАНСКИЙ, д-р геол.-мин. наук

Основными «документами» в седиментологии являются осадочные породы, включающие седиментационные, диагенетические и катагенетические составляющие. В первоочередную задачу исследователя входит выявление седиментационной составляющей, как сохранившейся в породе, так и полученной путем реконструкции из постседиментационных компонентов. Следующая задача состоит в том, чтобы сравнить полученный состав и строение первичных осадков с эталоном, условия седиментации которого известны. На первых стадиях становления седиментологии как науки такими эталонами обычно считались современные природные осадки, а метод сравнения был назван актуалистическим.

Однако такое сравнение было некорректным, что отмечено Ф. Энгельсом, который писал: «Недостаток лайелевского взгляда — по крайней мере в его первоначальной форме — заключался в том, что он считал действующие на Земле силы постоянными как по качеству, так и по количеству»¹. Энгельс подчеркивал, что в природе «каждое тело беспрерывно подвергается механическим, физическим, химическим воздействиям, которые все время производят в нем изменения, модифицируют его тождество... Геология является историей этого постоянного изменения»². Поэтому-то Н. М. Страхов рекомендовал для сравнения современных осадков и древних осадочных пород выяснять и тождество их, и различие³, которые «представляют собой нечто истинное только в своем взаимодействии, во включении различия в тождество»⁴.

Выявление черт тождества и различия между изучаемым объектом и эталоном производится путем анализа: а) достоверности сведений; б) доказательности признаков; в) точности и полноты отображения объекта и г) существенности отображения тех или иных связей и отношений⁵. Достоверность сведений зависит от квалификации исследователя. Простейший пример: в осадочной карбонатной породе в полевых условиях без применения соляной кислоты нельзя отличить известняк от доломита. И даже опытные геологи, не зная всего многообразия структурных и текстурных осадочных пород (а их многие десятки), пропускают последние при описании естественных разрезов, керн скважин, обедняя в итоге седиментационную характеристику пород, что при крупномасштабных съемках порождает упрощенные представления об условиях осадконакопления.

Доказательность признаков устанавливается на достаточном числе образцов прямым сопоставлением исследуемого объекта и эталона, а также при использовании зарисовок и фотографий. Однако словесные характеристики и зарисовки неизбежно содержат долю субъективности. Г. Л. Поспелов привел в свое время примеры описания естественного обнажения разными лицами, показав степень искажения истины

¹ Энгельс Ф. Диалектика природы.— Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд., т. 20, с. 352.

² Там же, с. 529, 530.

³ Страхов Н. М. Метод сравнительно-литологический.— В кн.: Геологический словарь, т. 1. М., 1973, с. 454.

⁴ Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 20, с. 532.

⁵ См.: Кондаков Н. П. Логический словарь.— М., 1971.

во имя идеи⁶. Поэтому актуальной остается задача унификации методик описания пород и методов их лабораторных исследований.

Точность и полнота отображения исследуемого объекта зависят как от степени сохранности первичных седиментационных признаков, так и от того комплекса приемов исследований, которым владеет седиментолог. Для определения степени сходства объектов существует несколько групп методов: 1) детальные петрографо-минералогические исследования; 2) выявление фациальных взаимоотношений; 3) спектральный, химический, электронно-микроскопический и другие методы; 4) изучение компонентов отдельных минералов (изотопный, волнометрический и другие методы); 5) использование результатов экспериментов и термодинамических расчетов.

Детальные исследования минералогического состава и взаимоотношения отдельных компонентов осадочных пород позволяют полней раскрыть своеобразие формирования последних в различные геологические эпохи. Примером может служить изучение характера выветривания разновозрастных пород гранитного состава⁷. Анализ фациальных взаимоотношений карбонатных пород разного возраста позволил выявить изменение условий формирования доломитов в геологической истории Земли, а детализация состава осадочных железных руд дала возможность Н. М. Страхову составить схему их возрастного распределения⁸. Многочисленные примеры использования для различных ретроспективных построений отдельных компонентов и элементов минералов осадочных пород (соляных, глауконита, кварца и др.) позволили наметить этапы развития состава атмосферы, гидросферы, эманаций вулканов и т. д.⁹

Экспериментальные исследования и термодинамические расчеты являются своеобразными реперами, ограничивающими амплитуды колебаний физико-химических параметров создаваемых гипотез. Такие построения выполнены для кар-

⁶ См.: **Поспелов Г. Л.** Парадоксы, геолого-физическая сущность и механизмы метасоматоза.— Новосибирск, 1973.

⁷ См.: **Казанский Ю. П.** Введение в теорию осадконакопления.— Новосибирск, 1983.

⁸ См.: **Страхов Н. М.** Железорудные фации и их аналоги в истории Земли.— М., 1974.

⁹ См.: **Казанский Ю. П.** Седиментология.— Новосибирск, 1976; **Николаева И. В.** Эволюция обстановок образования минералов группы глауконита.— В кн.: Проблемы эволюции геологических процессов. Новосибирск, 1981, с. 133—145.

богатой системы, условий формирования джеспилитов, бокситов и других объектов¹⁰.

Перечисленные выше методы весьма разнообразны по технике выполнения и копейным результатам. В качестве примера решения конкретной задачи можно привести расшифровку стадийности постдиагенетических изменений осадочных пород. Сравнение можно производить путем сопоставления разрезов разных по составу пород — терригенных, глинистых, карбонатных и т. д., но содержащих один общий компонент, избранный индикатором изменения физико-химических условий. Таким компонентом может быть органическое (углистое) вещество, термобарические параметры изменения которого известны¹¹.

Различия — это такие характеристики объектов, когда признаки, присутствующие у одних из них, отсутствуют у других, и наоборот. Как уже отмечено выше, различие не существует без сходства, являясь единством устойчивости и изменчивости объектов: устойчивость, постоянство проявляется как сходство измененного объекта с самим собой, а изменчивость — как нарушение этого сходства¹².

Выявление признаков различия — более сложный процесс, чем обнаружение сходства. Эта сложность порождается и психологическими стереотипами и несовершенством приемов диагностики. Так, долгое время при изучении осадочных пород разного возраста делались выводы о «принципиальном сходстве», «тождестве» процессов их формирования. Например, факт изменения ассоциаций соляных минералов в галогенных толщах, сформировавшихся в разные геологические эпохи, объясняли, исходя из гипотезы постоянства состава вод Мирового океана, структурно-фациальными изменениями в седиментационных бассейнах¹³. Расчеты, выполненные при проверке гипотез промежуточных бассейнов, метаморфизации морской воды речной, не подтвердили гео-

¹⁰ См.: Кашин С. А., Карпов И. К. Влияние парциального давления углекислого газа в атмосфере на состав продуктов выветривания. — Докл. АН СССР, 1978, т. 240, № 1, с. 173—176; Конейкин В. А. Поведение железа в процессе выветривания. — Там же, 1982, т. 267, № 1, с. 207—211.

¹¹ См.: Вассоевич Н. Б. Стадии литогенеза. — В кн.: Справочник по литологии. М., 1983, с. 85—86.

¹² См.: Кондаков П. П. Логический словарь. — М., 1971.

¹³ См.: Фивег М. П. О некоторых вопросах палеогеографии эпох соленакопления. — В кн.: Геология и условия образования месторождений калийных солей. Л., 1972, с. 69—93; Жарков М. А. Эволюция палеозойского соленакопления. — В кн.: Эволюция осадочного породообразования в истории Земли. Новосибирск, 1976, с. 5—19.

логическую реальность этих предположений¹⁴. В связи с этим исследователи возвращаются к гипотезам изменения солевого состава морской воды и глубоководности солеобразования¹⁵.

Выявление черт сходства и различия осуществляется также методом дифференциации седиментационной составляющей осадочных пород на автохтонные и аллохтонные компоненты. Автохтонные компоненты в своем составе и структуре отражают ландшафтно-климатические условия их формирования. К этим компонентам относятся: 1) почвы и продукты гальмиролиза; 2) органические остатки; 3) химические соединения седиментационных бассейнов и т. д. Количество автохтонных компонентов в разных типах осадочных пород неодинаково. Наиболее богаты ими продукты бассейнов конечного стока — осадки озер, болот, морей и океанов, особенно в областях, бедных аллохтонным, обломочным материалом.

Состав и строение автохтонных компонентов максимально информативны при выявлении черт сходства и различия ландшафтно-климатических условий седиментации. Здесь можно привести пример с красноцветным пигментом в континентальных отложениях. Он известен в широком возрастном интервале — от протерозоя до кайнозоя. В седиментационной истории его накопления выделяются две эпохи — додевонская и девон-кайнозойская. Если в первую из них, для которой характерно отсутствие растительности на суше и органического вещества в континентальных осадках, окислы и гидроокислы железа сохранялись в отложениях как гумидных, так и аридных областей, то с появлением растительности на суше в девоне скопления органических осадков в отложениях гумидных теплых областей приводили к полной переработке соединений трехвалентного железа, тогда как области седиментации с засушливым климатом были благоприятны для его сохранения.

Аллохтонные компоненты — материал, чуждый для ландшафтно-климатической зоны, привнесенный извне. Ими обычно бывают терригенные минералы. Наиболее полно они

¹⁴ См.: Кореннов Ю. Ф. Оценка роли континентального стока в метаморфизации рапы древних солеродных бассейнов. — В кн.: Моделирование и физикохимия литогенеза. Новосибирск, 1976, с. 7—13.

¹⁵ См.: Яншин А. Л. О глубине солеродных бассейнов и некоторых вопросах формирования мощных соляных толщ. — Геол. и геофиз., 1961, № 1, с. 3—15; Слосс Л. Л. Отложения эвапоритов из расслоенных растворов. — В кн.: Соленакпления и соленосные отложения осадочных бассейнов. М., 1973, с. 73—97.

фиксируют динамику среды седиментации и источник осадочного материала. Являясь показателем динамики среды, они отражают ее фазовое состояние (воздух, вода, лед) и характер самого движения: прерывисто-поступательное, устойчиво-поступательное, волновое и т. д. Эти показатели, отражаясь в гранулометрии и текстурных особенностях (слоистость и др.), как правило, несут больше признаков сходства, чем различия. Так, попытки связать углы наклона косых слоев с режимом вращения Земли вокруг оси дали результаты, которые не имеют однозначного объяснения, так как не учитывается возможность изменения термобарического режима атмосферы планеты за ее геологическую историю.

Более обширную информацию о признаках различия аллохтонные компоненты дают в случае расшифровки развития источников осадочного материала. Схемы, построенные для изменения состава областей размыва на континентах, показывают господство основных и средних эффузивов в раннем докембрии, которые затем в значительной степени замещались гранитоидами и осадочными породами. Известные варианты смены ассоциаций дают и осадочные породы. Весьма перспективны в этом отношении терригенные кварцы, особенности внутреннего строения и распределения включений в них открывают широкие возможности для анализа признаков различия.

В методологическом плане важна проблема выявления сохранившихся в осадочных породах седиментационных признаков. Как известно, природный осадок проходит ряд стадий изменения: диагенез, катагенез, метакатагенез, метаморфизм. В ходе этих трансформаций он постепенно теряет первичные минеральные образования, а также структурно-текстурные и другие признаки. Обычная последовательность таких преобразований зависит от физико-химических условий формирования автохтонных и аллохтонных компонентов. В первую очередь исчезают легкорастворимые минералы солей соляной, серной и угольной кислоты. Примером может служить карбонатное вещество. В течение многих лет ведется дискуссия об условиях образования доломита. Но изучение современных осадков, а также эксперименты показали, что в низкотемпературных условиях первичным веществом при доломитообразовании может быть аморфный материал, в котором отношение Mg/Ca близко к доломиту. В ходе диагенеза имеют место как образование кристаллов доломита за счет распада метастабильных карбонатов, так и метасоматическое замещение карбонатного вещества до-

ломитом. Кристаллический доломит из раствора возникает только при высоких термобарических показателях. Таким образом, спор об образовании доломита, по крайней мере в фанерозое, решается достаточно однозначно: доломит всегда постседиментационный (диагенетический и катагенетический).

Наиболее стойки к постседиментационным процессам аллохтонные компоненты, отдельные представители которых сохраняются в виде реликтов в осадочно-метаморфических и метаморфических породах. Обзор устойчивости различных компонентов при постседиментационных преобразованиях осадочного вещества свидетельствует о том, что наиболее стойки в этих условиях те седиментационные составляющие осадочной породы, которые несут информацию больше о сходстве, чем о различиях. При анализе состава и структур метаморфизованных осадочных пород, обычно наиболее древнего возраста, исследователь часто теряет признаки различия. Этим и объясняется то обстоятельство, что в последние годы получила развитие гипотеза о близости условий осадкообразования в раннем докембрии и фанерозое, об отсутствии «экзотических» пород и т. д. Если просмотреть работы сторонников этой гипотезы, можно заметить, что они исследуют, как правило, глубокометаморфизованные (гнейсы, кристаллические сланцы) осадочные породы и сравнивают их с молодыми, фанерозойскими. Выпуская из поля зрения породы позднепротерозойского возраста, в которых седиментационные компоненты достаточно хорошо сохранились, они получают самые общие показатели седиментогенеза, состава пород, макропримесей в них, которые информируют только о чертах сходства.

Переходя к заключению, нужно подчеркнуть, что сравнительный анализ тождества и различия осадочных объектов требует определенного методического подхода, который включает в себя выделение генетических компонентов в составе осадочной породы, а также использование дополнительных экспериментальных данных и термодинамических расчетов. Этот комплексный подход назван сравнительно-седиментологическим методом¹⁶. Он является составной частью сравнительно-литологического анализа, включающего, кроме того, сравнительно-стадиальный метод, в задачу которого входит определение сходства и различия материала постседиментационного происхождения.

¹⁶ См.: Казанский Ю. П. О принципах построения теории осадкообразования. — Геол. и геофиз., 1983, № 10, с. 3—10.

ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ И ОСНОВА РАЗВИТИЯ ПОНЯТИЙНО-ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКОЙ БАЗЫ НЕФТЯНОЙ СЕЙСМОЛИТМОЛОГИИ

Ю. Н. КАРОГОДИН, д-р геол.-мин. наук

1. Вводные замечания и основные принципы термилообразования

В коллективной статье «Методологические аспекты ориентации сейсмогеологических исследований»¹ обоснована необходимость формирования понятий и терминов нового направления, получившего название «сеймостратиграфии», или «сейсмолитмологии» (СЛЛ). Однако совершенно очевидна необходимость специального рассмотрения этой немаловажной, на наш взгляд, проблемы по целому ряду причин. Прежде всего, отметим, что идеи «сеймостратиграфии» быстро распространяются в нашей стране². Для коммуникации и координации необходим общий язык. Его пока нет, хотя в «Сейсмической стратиграфии»³ и дается словарь из 109 терминов. Однако они не увязаны в систему, некоторые из них звучат непривычно для советских геологов и геофизиков, не отвечают многим требованиям научной терминологии. Быстрое развитие направления предопределяет и быстрый рост числа понятий, и возрастание потребности во все новых и новых терминах. Следовательно, необходимо разработать основу системы терминов, на которой развивалась бы общая понятийно-терминологическая база (ПТБ)⁴.

Стремление к точности и чистоте научного языка всегда было присуще геологам, но в последние 10—15 лет произошел своего рода «взрыв терминотворчества»: статьи, бро-

¹ Трофимук А. А., Карогодин Ю. Н., Ведерников Г. Н. и др. Методологические аспекты ориентации сейсмологических исследований.— В кн.: Методология литологических исследований. Новосибирск, 1985. Этой статьей начата серия публикаций по теоретическим, методологическим, методическим и прикладным вопросам сейсмолитмологии.

² Активная и плодотворная пропаганда идей сеймостратиграфии ведется Г. Н. Гогоненковым, Е. А. Гайдебуровой, Р. М. Бембелем, Н. Я. Куниным, В. О. Савицким, А. Л. Трусковым, А. Шлизенгером, Ф. И. Хатьяновым, И. И. Хведчуком и др.

³ Сейсмическая стратиграфия.— М., 1982.

⁴ Видимо, нет необходимости углубляться в общие и методологические вопросы теории терминов и понятий, являющейся одним из разделов логики. Кроме учебников логики и статей существуют и специальные монографии, например монография Д. П. Горского «Определение» (М., 1974), Е. К. Войшвилло «Понятия» (М., 1967) и др.

шюры, разделы монографий⁵ и даже монографии⁶ посвящаются проблемам совершенствования научного языка геологии. Поэтому в данной работе мы ограничимся перечислением основных требований, предъявляемых к научному термину, многие из которых относятся и к понятиям, и весьма краткими комментариями к некоторым из них. На наш взгляд, научный термин должен отвечать следующим требованиям и критериям: 1) системности; 2) категоричности; 3) однозначности; 4) точности; 5) ориентированности; 6) преемственности; 7) мотивированности; 8) краткости; 9) благозвучности; 10) высокого потенциала; 11) соответствия специфике, и др. Кроме того, необходимо помнить, что термин — «слуга двух господ»: логики и лингвистики, следовательно, на него распространяются соответствующие требования той и другой науки.

Некоторые из этих требований применительно к геологии вообще и седиментационной цикличности в частности рассмотрены нами ранее⁷, им посвящен также специальный сборник⁸. О требованиях, предъявляемых к геологическим терминам, шла речь и в монографии А. А. Трофимука, Ю. Н. Карогодина, Э. Б. Мовшовича⁹.

Итак, требование (принцип) *системности*. Суть его заключается в том, что термин и понятие должны входить в *систему* терминов и понятий; необходимость ввода термина в ту или иную систему должна быть четко обоснована. Важную роль в организации системы терминов, как показывает опыт наиболее развитых наук, играют *морфемы*:

⁵ Шарапов И. П. Логический анализ некоторых проблем геологии.— М., 1977; Карогодин Ю. Н. Седиментационная цикличность.— М., 1980.

⁶ См., например: Квитко П. С. Термин в научном документе.— Львов, 1976.

⁷ См.: Карогодин Ю. Н. Понятия и термины седиментационной цикличности.— Новосибирск, 1978.— (Препринт/СО АН СССР, Ин-т геол. и геоф.); Он же. Понятийно-терминологическая база седиментационной цикличности.— Новосибирск, 1978.— (Препринт/СО АН СССР, Ин-т геол. и геоф.); Он же. Система понятий и терминов седиментационной цикличности.— В кн.: Теоретические исследования по терминологии седиментационной цикличности. Новосибирск, 1978, с. 7—53; Он же. Седиментационная цикличность.

⁸ См.: Теоретические исследования по терминологии седиментационной цикличности.— Новосибирск, 1978. В 1979 г. в Новосибирске прошел специальный семинар по вопросам понятийно-терминологической базы седиментационной цикличности.

⁹ См.: Трофимук А. А., Карогодин Ю. Н., Мовшович Э. Б. Методологические вопросы геологии нефти и газа.— Новосибирск, 1983.

корни, суффиксы, приставки, окончания. Геологи же практически не пользуются этим средством систематизации терминов.

Совершенно очевидно, что систематизации терминов предшествует (и ею сопровождается) *классификация* понятий и терминов. Именно поэтому в данной статье может идти речь только об основах понятийно-терминологической базы сейсмолитмологии, о той группе исходных терминов и понятий, которая уже сейчас необходима для обсуждения проблемы и научных контактов исследователей.

Требование категоричности. Оно означает, что каждый научный термин должен *входить в одну из четырех основных категорий* терминов: терминов *процессов* (например, цикл), терминов *предметов* (циклит), терминов *свойств* (ритм) и терминов *меры* (период). Обычно это требование геологами не соблюдается, что нередко ведет к бесплодным спорам. Примером может служить ничего не давшая многолетняя дискуссия о том, какой термин правильнее — «ритм» или «цикл»? В свете рассматриваемого принципа это термины разных категорий, и в отношении их никакой дискуссии быть не должно.

Несоблюдение этого требования равносильно пренебрежению к правилам грамматики русского языка. Но, к сожалению, геологи нередко один термин используют в разных (сразу в нескольких или даже во всех) категориях терминов или неправильно в какой-либо одной категории (например, цикл и процесс тектонический, седиментационный и т. д., цикл и тело породное, цикл и время).

Кроме четырех названных есть еще одна категория — категория дисциплин, наук и специальностей, например: геология, сейсмостратиграфия; геолог, стратиграф и т. д. Видимо, ее можно считать подкатегорией предметов.

Требования точности и ориентированности термина означают, что он должен ориентировать на содержание и суть соответствующего понятия.

Требования краткости и благозвучности связаны между собой. Чтобы термин прочно вошел в научный оборот и в практику, он должен отвечать не только требованиям системности, категоричности и ориентированности, но должен быть возможно кратким и благозвучным¹⁰. Однако все эти требования оказываются слагаемыми еще одного, высшего требования — требования обладать *высоким термино-*

¹⁰ Например, термин «сидякашты» достаточно точен и ориентирующий, но неблагозвучен и только по этой причине вряд ли войдет в практику.

образующим потенциалом. Это следует понимать таким образом, что термин должен легко поддаваться преобразованиям, выступая в качестве базы образования *новых терминов*, отражающих системные (в том числе категориальные) признаки. Если появляется новое понятие, но не найден удачный во всех отношениях термин, в обиходе науки и практике наблюдается конкуренция слов, претендующих на его статус. Такая ситуация сложилась, например, в системе терминов седиментационной цикличности. Геологи понимали, что понятие породно-слоевого тела, соответствующего циклу седиментации, совершенно необходимо. Начался стихийный поиск удачного термина. В результате возникли следующие синонимы: ритм, цикл, циклотема, циклопачка, ритмопачка, комплекс-цикл, пульсит, циклокомплекс и др. С появлением краткого термина *циклит* для тела, соответствующего седиментационному циклу (процессу), продуцирование синонимов практически прекратилось, хотя и не все еще пока пользуются этим термином.

При формировании и усвоении новой терминологии часто срабатывает следующий психологический фактор. Исследователь, уже использовавший в своих нередко многочисленных публикациях какой-либо термин (или группу их), как правило, не может принять новый, предлагаемый в других работах, хотя тот может быть и удачнее, и точнее, и благозвучнее. Нет смысла упрекать такого исследователя или оказывать давление на него: процесс смены терминов и болезнен и длителен. Но одно во всяком случае должно стать делом чести исследователя — он должен делать ссылки на термины в других системах, у других авторов.

Нельзя вводить новый термин, а тем более предлагать их систему, игнорируя опыт предшественников, т. е. нарушая принцип *преемственности*. Все ценное *необходимо сохранить*, адаптировать к новому. В этом залог успеха нового, безболезненности его приживания. Поэтому введение нового термина должно быть *мотивированным, обоснованным*.

И последнее из числа наиболее важных требований. Его можно назвать *требованием высокого профессионализма*. Смысл его в том, что без глубоких специальных знаний невозможно успешно решать вопросы терминообразования. Ни логик, ни лингвист, ни тем более математик-формализатор, не обладающие достаточными профессиональными знаниями, не способны создать «живую» систему терминов конкретного научного направления.

На этом можно ограничить вводную часть и перейти к основной. Цель настоящей публикации — предложить и обсудить основу понятийно-терминологической базы сейсмолитмологии — нового, но достаточно бурно развивающегося направления в геологии. Чтобы это развитие было успешным и гармоничным, необходим четкий, ясный научный язык, а пока же термины возникали стихийно. Но одно из отличий научной терминологии от бытовой, повседневной состоит в *сознательном* ее формировании.

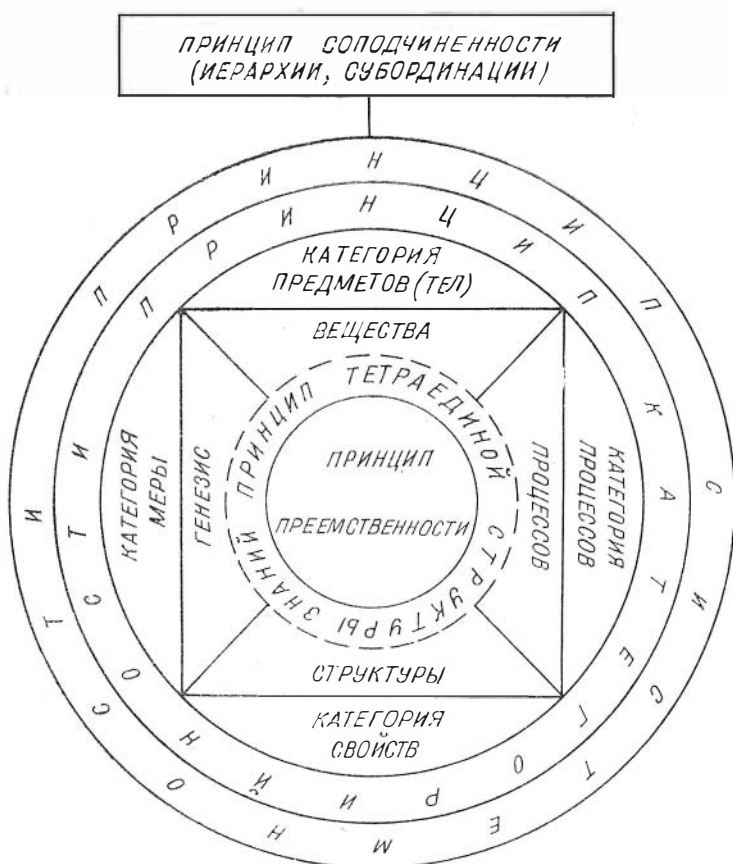
2. Принципы организации понятийно-терминологической базы сейсмолитмологии

Важнейшим принципом создания ПТБ сейсмолитмологии, как и любой другой науки, должен быть *принцип системности*. Каждый термин, как уже подчеркнуто, должен входить в какую-либо определенную подсистему, группу и т. д., т. е. иметь свое место в системе.

Как, по какому принципу, из каких элементов организовывать систему терминов? Какова структура этой системы? Еще раз подчеркнем, что общим для любой системы терминов должен быть принцип вхождения термина в категорию терминов. Следование только этим двум принципам даст четыре группы связанных в систему терминов: термины предметов (тел), процессов (их образований и преобразований), свойств и меры.

В структуре системы терминов и понятий должны быть отражены особенности объекта исследования, основные, важнейшие аспекты его исследования. Этот принцип может быть назван *принципом отражения структуры знания об объекте*. В каждом объекте выделяют главные предметы (аспекты) познания, исследования. Ранее нами неоднократно акцентировалось внимание на трех-четырех основных аспектах геологических объектов: *вещественном, структурном, динамическом и генетическом*. Это хотя и связанные между собой, но в определенной мере самостоятельные группы терминов, входящие в перечисленные выше категории. Каждая из этих групп может образовывать свою собственную подсистему, «обслуживая» свою дисциплину, свое научное направление.

Четвертый принцип организации ПТБ СЛЛ — *принцип субординации (иерархии)* уровней организации. Этот философский, мировоззренческий принцип должен быть использован и при создании ПТБ. Сознательное его применение



Основные принципы (и их квазиерархическая организация) формирования понятийно-терминологической базы сейсмолитмологии.

ние означает, что в терминах и понятиях всех категорий должна быть отражена иерархия, субординация терминов категорий, процессов, свойств и меры.

И наконец, еще один принцип — *преемственности и зависимости* всей системы терминов от главной, *стержневой категории терминов* (см. рисунок). Исходя из специфики объектов геологии, стержневой следует считать категорию *предметов, тел*. Следовательно, все другие категории терминов должны быть образованы по возможности от корней терминов этой категории. Такие термины *будут* отвечать **требованиям** ориентированности и преемственности. Терми-

нология науки-метода — а именно такова сейсмолитмология — должна быть зависимой, подчиненной терминологии основной или интегрирующей науки.

Все эти пять основных принципов и были использованы при формировании системы терминов ПТБ сейсмолитмологии.

3. Основа понятийно-терминологической базы сейсмолитмологии

В названной выше статье¹¹ обосновано, что главным объектом сейсмолитмологии (СЛМ) являются породно-слоевые ассоциации различного ранга. Следовательно, у нее общий объект с литмологией. В будущем (возможно, недалеком) с развитием этого направления появится еще один объект более высокого ранга — осадочная оболочка Земли (литмосфера) в целом. Однако сейчас литмосферология как самостоятельная наука еще не обособилась, и далее целесообразно обсуждать проблему в рамках литмологии. Таким образом, понятийно-терминологическая база литмологии (цикличности, седиментационной цикличности) есть та основа, на которой должна развиваться ПТБ сейсмолитмологии, в которой уже существует более 100 объединенных в систему терминов и понятий¹². В отношении термина *седиментационная цикличность* можно сказать, что этот термин, вытесняемый новым термином *литмология* — наука о слоевых ассоциациях (циклитах и литмитах), менее точен. В основе «сейсмостратиграфии» лежит, как известно, *концепция седиментационной цикличности*, отраженной на сейсмограммах в виде глобальных и региональных «циклов», «осадочных (седиментационных) комплексов» или «спитем»¹³. Следовательно, реализуя принцип преемственности, необходимо использовать (приспособить) все то, что уже есть в ПТБ седиментационной цикличности и литмологии на базе изучения разрезов естественных обнажений, керна и промыслово-геофизических данных скважин. Аналогичные соображения высказывают, кстати, и зарубежные исследователи. В частности, совершенно справедливо отмечается, что наиболее детальное расчленение и «хроностра-

¹¹ См.: Трофимук А. А., Карогодин Ю. П., Ведерников Г. П. и др. Методологические аспекты ориентации...

¹² См.: Карогодин Ю. П. Седиментационная цикличность.

¹³ См.: Митчем Р. М.-мл., Вейл П. Р., Томсон С.-П. Осадочный комплекс как основная единица при стратиграфическом анализе. — В кн.: Сейсмическая стратиграфия. М., 1982, с. 108—126.

тиграфическую корреляцию можно провести по керну или по хорошим обнажениям»¹⁴.

Из всего этого следует, что ни ПТБ, ни тем более ее теория не могут строиться сами по себе, в отрыве от достигнутого в литмологии и теории цикличности. Сейсмолитмология, при всей ее теоретической и практической значимости, есть и будет только *одним из методов науки*.

Поскольку и геология, и входящие в нее интегрирующие науки (минералогия, литология, литмология, сферолитмология, литосферология и др.) — это прежде всего науки о *телах*, то базовой, стержневой категорией терминов литмологии, а следовательно и сейсмолитмологии, должна быть категория *предметов (тел)*.

4. Основные термины и понятия литмологии и сейсмолитмологии

В литмологии такими понятиями являются *литмит* и *циклит*.

Литмит — это *любая породно-слоевая совокупность, ассоциация*, выделенная по любым интересующим исследователя признакам. Это синоним термина *словесая ассоциация*. От него и образовано название науки литмологии. Отметим, что в зарубежной, в частности американской, литературе нет подобного понятия и термина, хотя они чрезвычайно необходимы.

Литмология — интегрирующая наука геологии о телах надпородного уровня организации (слоевых ассоциациях, литмитах). Как известно, Н. Б. Вассоевич и В. В. Меннер¹⁵ предложили тела надпородного уровня организации (УО) именовать «литомами», а науку о них — «литмологией» (или «литомией»). Соответственно науку — метод изучения тел надпородного УО с помощью сейсморазведки, можно назвать *сейсмолитмологией*. Именовать ее сейсмостратиграфией, как это делают американские исследователи и многие советские геологи-геофизики, неверно, что и аргументировано в упомянутой выше коллективной статье¹⁶. Суть этих аргументов сводится к следующему.

¹⁴ Сейсмическая стратиграфия, с. 253.

¹⁵ См.: Вассоевич Н. Б., Меннер В. В. Системные уровни организации сообществ осадочных пород. — Изв. АН СССР. Сер. геол., 1978, № 11, с. 5—14.

¹⁶ См.: Трофимук А. А., Карогодип Ю. Н., Ведерников Г. В. и др. Методологические аспекты ориентации...

Термин явно не соответствует объему понятия, так как в «сейсмостратиграфии» решаются не только и не столько стратиграфические задачи, сколько другие, прямо не связанные с ней. Вот какие задачи называют сами американские авторы: 1) стратиграфическая привязка; 2) установление генетически единых толщ; 3) определение мощности и обстановки седиментации генетически единых толщ; 4) оценка глубин палеобассейна; 5) воссоздание палеотектонической обстановки; 6) изучение рельефа поверхностей несогласий; 7) выяснение палеогеографических условий и истории геологического развития в комплексе с имеющимися геологическими данными¹⁷.

Из семи перечисленных задач только одна (первая) является стратиграфической. Как известно, задач, которые решает данное направление, гораздо больше. Это — прогноз разреза, поиски в нем коллекторских горизонтов, поиски различного рода потенциальных ловушек, в том числе «неструктурных», прогноз наличия залежей углеводородов и определение их типа и ряд других. Естественно, такую «стратиграфию» ни один стратиграф не включит в семейство стратиграфий, поэтому ни на одном из стратиграфических совещаний и семинаров вопрос о сейсмостратиграфии не обсуждался. Сейсмостратиграфия попросту не признается стратиграфами, потому что стратиграфические задачи утонули во множестве других, не имеющих никакого отношения к стратиграфии. У многих геологов употребление термина «сейсмостратиграфия» в таком широком понимании вызывает естественный протест¹⁸. Термин оказался не только слабоориентирующим, но и дезориентирующим¹⁹. Этот термин следует оставить, но в узком значении — как стратиграфию по сейсмическим данным, т. е. как один из методов стратиграфии, и тогда сейсмостратиграфия легко войдет в семейство стратиграфий.

¹⁷ См.: Вейл П. Р. и др. Использование морфологии отраженных волн при стратиграфической интерпретации сейсмического материала. — В кн.: Сейсмическая стратиграфия, с. 104—107.

¹⁸ На традиционной и юбилейной (десять лет) школе морской геологии в г. Геленджике (апрель 1984 г.), на секции «Сейсмостратиграфия», развернулась весьма острая полемика по поводу правомерности термина «сейсмостратиграфия». Предполагалось даже заменить его термином «сейсмогеология» (выступление Р. Г. Гарецкого).

¹⁹ Есть основания опасаться, что термин будет употребляться и впредь. Живучесть его поддерживают два фактора: авторитет зарубежных исследователей и незнание или игнорирование принципов и правил терминообразования.

Вторым основным понятием можно считать сейсмоциклит. *Сейсмоциклит* — это циклит, выделенный по сейсморазведочным данным. Циклит от литмита отличается тем, что он выделяется не по любым признакам, а лишь по тем, которые позволяют установить *связь элементов* во времени (их образования), непрерывность их следования, выявить *целостную* (прежде всего во времени) слоевую систему. Такого рода систему, выделенную по сейсморазведочным данным, логично назвать сейсмоциклитом. Почему не просто циклитом? Потому, что сейсмическая картина разреза — это еще не картина реального разреза, а в той или иной мере приближенная ее модель. Если доказано, что сейсмоциклит действительно соответствует циклиту, то терминологический элемент «сейсмо-» можно опустить.

В зарубежной литературе в близком значении используется термин «осадочный (седиментационный) комплекс». Его определение таково:

*«Осадочный (седиментационный) комплекс представляет собой стратиграфическую единицу, сложенную согласной последовательностью генетически взаимосвязанных слоев и ограниченную в кровле и подошве несогласиями либо соответствующими им согласными поверхностями»*²⁰.

У этих термина и определения есть целый ряд недостатков. Главные из них сводятся к следующему. Термин состоит из трех слов, а поэтому при преобразованиях возникают чрезвычайно сложные, громоздкие конструкции. Значит, он не отвечает требованиям краткости и высокого словообразовательного потенциала. В сущности, названные авторы этим термином обозначают целостную во времени систему слоев. Однако в системном анализе «комплексом» обычно называют суммативную, а не целостную систему, т. е. такую, в которой обнаруживаются отношения и (или) *связи* по несущественным свойствам. С этих позиций терминологический элемент «комплекс-» не только не точный, но и дезориентирующий. В нем никоим образом не отражена специфика того, что он предназначен для обозначения тел по сейсморазведочным данным. Авторы взяли его из геологической, седиментологической системы и перенесли в сейсмологическую. Если к нему добавить терминологический элемент, отражающий соответствующую специфику, то получится очень громоздкий термин — «сейсмический осадочный комплекс» (ср.: «сейсмоциклит»). Такой термин окажется вне

²⁰ См.: Митчем Р. М.-мл., Вейл П. Р., Томпсон С.-III. Осадочный комплекс как основная единица..., с. 120.

какой-либо системы. У нас в стране ни в седиментологии, ни в цикличности этот термин не используется, т. е. ни о какой преемственности не может быть и речи. А в тектонике и стратиграфии термины «тектонический» и «стратиграфический комплексы» означают наиболее крупные единицы, т. е. это равговые термины. Следовательно, термин не удовлетворяет фактически ни одному из перечисленных выше принципов терминообразования.

В «Сейсмической стратиграфии» обсуждается и еще один термин — «синтема»²¹. Однако, всесторонне рассмотрев возможность использования термина «синтема» вместо понятия «комплекс», авторы считают (по ряду перечисленных в работе причин) целесообразней использовать термин «комплекс». С позиций требований и принципов терминообразования термин «синтема», очевидно, более удачен, чем термин «осадочный комплекс», хотя бы потому, что он короче и у него значительно выше терминообразовательный потенциал. Термин получил некоторое распространение и у нас в стране, однако некоторые исследователи употребляют его в мужском роде — «синтем»²².

В отношении цитированного выше определения осадочного комплекса (ОК) могут быть высказаны существенные замечания. Неверно определять ОК через «стратиграфическую единицу», т. е. единицу «другой системы координат». Прежде всего, ОК — это геологическое тело, которое должно рассматриваться в первую очередь как *седиментологическая единица*, «квант седиментации», а уже потом как стратиграфическая, структурно-тектоническая, нефтегеологическая и т. п. Неверно одним из существенных признаков определения считать *генетическую связь* (взаимосвязь?) слоев. Это невидимый на сейсмограммах, «неснимаемый» с них признак. При непрерывных наблюдениях обнажений возникает множество генетических концепций. Так, в Донбассе, хорошо изученном по обнажениям и скважинам (со 100%-ным выносом керна), выделяется более пяти вариантов «генетически» («парагенетически») связанных «комплексов» («циклотем», «циклов», «ритмов») и т. д.²³

²¹ См.: Там же.

²² См.: Зубаков В. А. Ритмостратиграфические подразделения: Проект дополнений к «Стратиграфическому кодексу СССР». — Л., 1978.

²³ См.: Макаров П. А. Соотношение циклитов и номиналитов в разрезе угленосной толщи Донбасса. — В кн.: Системные исследования в геологии каустобиолитов. М., 1984, с. 90—93.

Таблица соотношения терминов и понятий

№ п/п	Литмология			
	Термин	Аббревиатура	Синоним	Определение
1	2	3	4	5

1. Некоторые общие и основные тер

1	Литмит	Л	Слоевая ассоциация, породно-слоевая ассоциация, литома	Породно-слоевое тело, выделяемое по любым признакам породных слоев и их ассоциаций
2	Литмология	ЛЛ	Литомология	Интегрирующая наука геологии о телах надпородного уровня организации (слоевых ассоциациях, литмитах)
3	Стратиграфия	С	Стратилигия	Геологическая наука (прежде всего часть, раздел литмологии) о пространственно-временных отношениях слоистых геологических тел
4	Литмостратиграфия	ЛС		Стратиграфия геологических тел литмологического (надпородного) уровня организации (стратиграфия литмитов)
5	Литмосфера	ЛСФ	Осадочная оболочка Земли	Сфера Земли, состоящая из литмитов
6	Циклит	Ц	Осадочный (седиментационный, литологический) комплекс, комплекс-цикл, «ритм», «цикл», парахнолит, «синтема», «циклотема», циклокомплекс	1. Литмит с направленным и непрерывным изменением в вертикальном разрезе (во времени) и плане (и пространстве) существенных вещественно-структурных признаков 2. Целостная во времени формирования породно-слоевая система 3. Вещественное (породно-слоевое) отражение (следствие) седиментационного цикла 4. Тело седиментационного цикла
7	Стратом		Стратоциклит	1. Стратиграфический эквивалент циклита

ЛИТМОЛОГИИ И СЕЙСМОЛИТМОЛОГИИ

Сейсмолитмология			
Термин	Аббревиатура	Синоним	Определение
6	7	8	9

литмы категории предметов (тел)

Сейсмо- литмит	СМЛ	Сейсми- ческий комплекс (сейсмо- комплекс)	Литмит, выделенный по сей- смическим данным
Сейсмо- литмология	СМЛЛ	Сейсмо- стратигра- фия	Наука-метод литмологии, изучающая с помощью сейсмо- разведки тела надпородного уровня организации (слоевые ассоциации, литмиты, цик- литы)
Сейсмо- стратигра- фия	СМС		Стратиграфия по сейсмораз- ведочным данным
Сейсмо- литмостра- тиграфия ¹	СМЛС		Литмостратиграфия по сей- сморазведочным данным
Сейсмо- литмосфе- ра	СМЛСФ		Литмосфера по сейсморазве- дочным данным
Сейсмо- циклит	СМЦ	Осадоч- ный (седи- ментацион- ный) ком- плекс, сей- смический комплекс	Циклит, выделенный по сей- сморазведочным данным
Сейсмо- стратом		Сейсмо- стратоци- клет	Сейсмостратиграфический эквивалент сейсмоциклита

1	2	3	4	5
7	Стратом		<u>Литмостра-</u> <u>тон</u>	2. Основное, главное подразделение литмостратиграфин
8	Тем (рего-, нексо-, гал-, тригал-) стратом			1. Стратиграфический эквивалент тем (рего-, нексо-, гал-, тригал-) циклита 2. Ранговое подразделение литмостратиграфии
9	Номиналит		<u>Формалит</u> <u>Целит</u>	1. Литмит, выделяемый по любым породно-слоевым признакам (кроме признаков, отражающих непрерывность, связь формирования слоев и слоевых ассоциаций во времени) 2. Концептуальная, целевая, номинальная породно-слоевая система
10	Стратономиналит		Стратоном	Стратиграфический эквивалент номиналита
11	Пачка, свита (подсвита), серия (подсерия)			«Ранговые» (квазиранговые) наименования стратоминалитов (см. определение в «Стратиграфическом кодексе СССР», 1972 г.)
12	Литмостратиграфические подразделения			1) Стратомы (эле-, тем-, рего-, нексо-, гал-, тригалстратомы) и 2) стратоминалиты (пачка, свита, серия)
13	<u>Фацио-</u> <u>лит</u> ²	ФЦЛ	«Фация»	Геологическое тело (часть одного или нескольких циклитов), выделяемое по признакам условий и фациальных обстановок его формирования (седиментации)

6	7	8	9
<u>Сейсмо-</u> <u>номиналит</u> Сейсмо- стратомо- миналит Сейсмопач- ка, сейсмо- свита, сей- мосерия Сейсмо- литмо-стра- тиграфиче- ские под- разделения <u>Сейсмо-</u> <u>фацолит</u>	СМФЦЛ	Тем (ре- го-, нексо-, гал-, тригал-) сеймо- стратом Сейсмо- фация	Стратиграфический эквива- лент тем (рего-, нексо-, гал-, тригал-) сейсмоциклита Номиналит, выделенный по сейсморазведочным данным Стратиграфический эквива- лент сейсмониналита «Ранговые» (квазиранговые) на- именования сеймостратомо- миналитов 1) Сеймостратомы (тем-, ре- го-, нексо-, гал-, тригал- стратом) 2) сеймостратоминалиты (сеймопачка, сеймосвита, сеймосерия) Геологическое тело, выделен- ное в разрезе осадочного чехла по данным сейсморазведки, от- личающееся от соседних рядом параметров (конфигурацией от- ражающих границ, непрерыв- ностью, амплитудными и ча- стотными характеристиками или интервальными скоростя- ми), предположительно отно- сящееся по комплексу призна- ков (геометрии, положению в разрезе, взаимоотношению с другими телами, поинтерваль- ным отражениям и др.) к како- му-либо из структурно-литофа- циальных типов

1	2	3	4	5
14	Формация	ФРМ	<u>Формационит</u>	Номиналит, выделяемый по вещественно-структурным признакам, как комплекс родственных фациолитов
15	Формационный анализ		Формациология, учение о формациях	

II. Термины структуры циклитов

16	Элемент циклита	ЭЦ		Далее неделимая часть циклита
17	Гемциклит	ГЦ	Циклит, полуциклит	Структурная половина циклита
18	Ингемциклит	ИГЦ		Инициальная, начальная (нижняя) половина Ц
19	Фингемциклит	ФГЦ		Финальная (верхняя) половина Ц
20	Продиклит	ЛЦ		Циклит с прогрессивной направленностью непрерывного изменения существенных свойств от элемента (слоя, слоев) к элементу (снизу вверх)
21	Рециклит	РЦ	Обратный, обращенный, «перевернутый» циклит, «цикл»	Циклит с «регрессивной» направленностью изменения существенных свойств от элемента (слоя) к элементу (снизу вверх)
22	Про-рециклит (прогрессивно-регрессивный циклит)	П-РЦ	«Полный», «законченный», «симметричный»	Циклит с прогрессивно-регрессивной направленностью изменения существенных свойств от элемента к элементу (снизу вверх)
23	Ре-продиклит (регрессивно-прогрессивный циклит)	Р-ПЦ	«Основной», по Г. И. Иванову	Циклит с регрессивно-прогрессивной направленностью непрерывного изменения существенных свойств от элемента к элементу (снизу вверх)

Продолжение таблицы

6	7	8	9
Сейсмо- формация	СМФРМ	Сейсмо- формацио- лит	Формация, выделяемая по сей- сморазведочным данным
Сейсмо- формацион- ный ана- лиз			Формационный анализ по сейсморазведочным данным

и сейсмоциклитов (категория свойства)

<u>Элемент</u> <u>сейсмоцик-</u> <u>лита</u>	ЭСЦ		Далее неделимая часть сей- смоциклита
<u>Гемисей-</u> <u>смоциклит</u>	ГМСЦ	Сейсмоцик- лит	Структурная половина сей- смоциклита
<u>Интеми-</u> <u>сейсмоцик-</u> <u>лит</u>	ИГСЦ		Инициальная, начальная (нижняя) половина сейсмоцик- лита
<u>Финге-</u> <u>мисейсмо-</u> <u>циклит</u>	ФГСЦ		Финальная (верхняя) поло- вина сейсмоциклита
<u>Просей-</u> <u>смоциклит</u>	ПСЦ		Прогрессивный тип цикли- та, выделенный по сейсмораз- ведочным данным
<u>Ресей-</u> <u>смоциклит</u>	РСЦ		Регрессивный тип циклита, выделенный по сейсморазведоч- ным данным
<u>Про-ре-</u> <u>сейсмоцик-</u> <u>лит</u>	П-РСЦ		Прогрессивно-регрессивный тип циклита, выделенный по сейсморазведочным данным
<u>Ре-про-</u> <u>сейсмоцик-</u> <u>лит</u>	Р-ПСЦ		Регрессивно-прогрессивный тип циклита, выделенный по сейсморазведочным данным

1	2	3	4	5
24	Коэффициент прогрессивности	K_{Π}		Отношение прогрессивной части циклита к общей его мощности в %
<i>III. Термины</i>				
25	Элециклит (элементарный циклит)	ЭЛЦ	Натуральный циклит, локальный (лоциклит)	Циклит, элементами которого являются породные слои (как минимум, два слоя) ³
26	Темциклит	ТЦ	Циклотема, синтема	Циклит, элементами которого являются элементарные циклиты, т. е. состоящий из ЭЛЦ
27	Субрегоциклит (субрегиональный циклит)	СБРГЦ	Зонциклит (зональный циклит), субмезоциклит	
28	Регоциклит (региональный циклит)	РГЦ	Мезоциклит	Циклит, продолжительностью формирования 8—10 (± 2) млн. лет
29	Нексоциклит	НЦ	Макроциклит	Циклит, состоящий из 9 (?) регоциклитов, относительно связанных во времени (и пространстве). Продолжительность формирования 80—100 (± 10) млн. лет
30	Галциклит	ГЦ	Мегациклит	Циклит, состоящий из двух нексоциклитов, относительно связанных во времени (и пространстве). Продолжительность формирования 170—200 (± 10) млн. лет
31	Тригалциклит	ТРГЦ		Циклит, состоящий из трех галциклитов, относительно связанных во времени (и пространстве). Продолжительность формирования 600 млн. лет
32	Литмосфера	ЛСФ	Осадочная оболочка Земли	Сфера Земли, состоящая из литмтов (циклитов)

6	7	8	9
Коэффициент прогрессивности	K_{II}		Отношение прогрессивной части сейсмоциклита к общей его мощности в %

ранга

Обычно не фиксируется в сейсмическом разрезе.
Разрешающие способности сейсморазведки чаще всего не позволяют их выделять

<u>Темсей-</u> <u>смоциклит</u>	ТСЦ	«Слой», «сейсмо- слой»	Как правило, это сейсмоциклит самого низкого ранга, часто именуемый в сеймостратиграфии «слоем»
<u>Субрего-</u> <u>сейсмоцик-</u> <u>лит</u>		<u>Зонсей-</u> <u>смоциклит,</u> <u>«осадочный</u> <u>комплекс»</u>	
<u>Регосей-</u> <u>смоциклит</u>			
<u>Нексо-</u> <u>сейсмоцик-</u> <u>лит</u>	НСЦ		Сейсмоциклит, состоящий из 9(?) относительно связанных во времени (и пространстве) регоциклов
<u>Галсей-</u> <u>смоциклит</u>	ГСЦ		
<u>Тригал-</u> <u>сейсмоцик-</u> <u>лит</u>	ТРГСЦ		Сейсмоциклит, состоящий из трех галциклитов, относительно связанных во времени (и пространстве)
<u>Сейсмо-</u> <u>литмосфе-</u> <u>ра</u>	СЛСФ		Сфера Земли, состоящая из литмитов циклитов), выделенных по сейсмическим данным

1	2	3	4	5

IV. Термины категории

А. Подкатегория

33	Период	ПР		Мера цикла и (или) его следствия (циклита), выраженная в каких-либо единицах измерения (условных, относительных, абсолютных) (времени процесса, мощности тел)
34	Сехрон	СХ	Синхрон, циклохрон, циклопериод, хроноцикл	Длительность формирования циклита во времени
35	Элесехрон	ЭЛСХ	Элещиклохрон	Период формирования элементарного циклита во времени
36	Темсехрон	ТМСХ	Темциклохрон	Период формирования темциклита во времени
37	Рего (субрего-, нексо-, гал-, тригал-) сехрон	РГСХ	Рего (субрего-, нексо-, гал-, тригал-) циклохрон	Период формирования соответствующего циклита (рего-, субрего-, нексо-, гал-, тригалцикла) во времени
38	Дехрон	ДХ	Ахрон, перерыв, пауза	Интервал геологического времени, не представленный в разрезе отложениями
39	Эледехрон	ЭЛДХ	Элепауза	Дехрон, разделяющий элещиклиты
40	Темдехрон		Темпауза	Дехрон, разделяющий темциклиты
41	Рего (субрего-, нексо-, гал-, тригал-) дехрон		Рего (субрего-, нексо-, гал-, тригал-) пауза	Дехрон, разделяющий рего (субрего-, нексо-, гал-, тригал-) циклиты

Б. Подкатегория

42	Наноциклит	ННЦ		Элементарный циклит очень малой мощности
43	Минициклит	МНЦ		Циклит небольшой мощности (своего ранга)
44	Мидициклит	МДЦ		Циклит средней мощности (определенного ранга)

Продолжение таблицы

6	7	8	9

меры (масштаба)

времени

Термины, общие с литмологией

Период формирования тем-
сейсмоциклита во времени
Период формирования рого
(суброго-, некса-, гал-, тригал-)
сейсмоциклита

Термин, общий с литмологией

Термин только литмологии

Термины, общие с литмологией

мощности

На сейсмограммах не фиксируется

Мини-
сейсмоцик-
лит ⁴

Мидисей-
смоциклит

Сейсмоциклит небольшой
мощности (своего ранга)

Сейсмоциклит средней мощ-
ности (своего ранга)

1	2	3	4	5

VI. Термины категории

56	Ритм седиментации		Седиментационный ритм	Порядок, соразмерность следования (чередования, соотношения и (или) повторения) элементов (фаз) во времени седиментационного процесса
57	Литм	ЛТ	«Ритм»	Порядок, соразмерность следования (чередования, соотношения и (или) повторения) породных слоев (и (или) слоевых ассоциаций)

¹ Подчеркнутые термины предлагаются впервые (ранее не опубликованы).

² Термин «фашиолит» предложен при обсуждении системы терминов литмо-

³ Циклит как целостная система может состоять и из одного элемента в том

⁴ На сейсмограммах фиксируются минисейсмоциклиты, начиная с рего- и

В определении должны быть те отличительные признаки, которые позволяют вычлениить, отделить один объект (предмет) от другого. В реальном определении сейсмоциклита (в отличие от циклита) должны быть перечислены существенные физические, сейсмические, акустические и структурные признаки, которые *однозначно* «снимаются» с материалов сейсморазведки. Это задача, которую еще предстоит решить, т. е. осуществить переход от реального определения циклита к реальному определению сейсмоциклита. На нашей схеме (см. таблицу) — первом варианте основы ПТБ — часто даются лишь номинальные определения.

Из определения осадочного комплекса можно понять, что это общий термин, т. е. немасштабный и внеранговый. В то же время из практики его употребления и пояснений американских исследователей явствует, что ему предписывается некий, хотя и не вполне определенный, ранг или масштаб. Так, отмечается, что «комплекс — это нечто большее, чем пачка, ограниченная несогласиями, поскольку он выделяется даже в том случае, если границы представлены согласными поверхностями». И далее: «Под осадочным комплексом часто понимается некоторая заранее прогнозируемая последовательность (или разрез) пород, отложившаяся в течение *регионального* или *глобального* (курсив наш. — Ю. К.) цикла относительно изменения уровня моря»²⁴. Из этого можно заключить, что ОК — это тело, соот-

²⁴ Митчем Р. М.-мл., Вейл П. Р., Томпсон С.-III. Осадочный комплекс как основная единица..., с. 112.

Продолжение таблицы

6	7	8	9
Макси- сейсмоцик- лит Гигасей- смоциклит			Сейсмоциклит максимальной мощности (своего ранга) Сейсмоциклит гигантской мощности (своего ранга)

гории процесса

Термины, общие с литмологией

1	2	3	4	5
<i>VI. Термины категории</i>				
56	Ритм седиментации		Седиментационный ритм	Порядок, соразмерность следования (чередования, соотношения и (или) повторения) элементов (фаз) во времени седиментационного процесса
57	Литм	ЛТ	«Ритм»	Порядок, соразмерность следования (чередования, соотношения и (или) повторения) породных слоев (и (или) слоевых ассоциаций)

¹ Подчеркнутые термины предлагаются впервые (ранее не опубликованы).

² Термин «фазиолит» предложен при обсуждении системы терминов литмо-

³ Циклит как целостная система может состоять и из одного элемента в том

⁴ На сейсмограммах фиксируются минисейсмоциклиты, начиная с рего- и

В определении должны быть те отличительные признаки, которые позволяют вычлениить, отделить один объект (предмет) от другого. В реальном определении сейсмоциклита (в отличие от циклита) должны быть перечислены существенные физические, сейсмические, акустические и структурные признаки, которые *однозначно* «снимаются» с материалов сейсморазведки. Это задача, которую еще предстоит решить, т. е. осуществить переход от реального определения циклита к реальному определению сейсмоциклита. На нашей схеме (см. таблицу) — первом варианте основы ПТБ — часто даются лишь номинальные определения.

Из определения осадочного комплекса можно понять, что это общий термин, т. е. немасштабный и внеранговый. В то же время из практики его употребления и пояснений американских исследователей явствует, что ему предписывается некий, хотя и не вполне определенный, ранг или масштаб. Так, отмечается, что «комплекс — это нечто большее, чем пачка, ограниченная несогласиями, поскольку он выделяется даже в том случае, если границы представлены согласными поверхностями». И далее: «Под осадочным комплексом часто понимается некоторая заранее прогнозируемая последовательность (или разрез) пород, отложившаяся в течение *регионального* или *глобального* (курсив наш. — Ю. К.) цикла относительно изменения уровня моря»²⁴. Из этого можно заключить, что ОК — это тело, соот-

²⁴ Митчем Р. М.-мл., Вейл П. Р., Томпсон С.-III. Осадочный комплекс как основная единица..., с. 112.

6	7	8	9
<i>свойства (тел и процессов)</i>			
<u>Сейсмо- литм</u>	СЛТ		Литм, установленный по сей- сморазведочным данным

логин и сейсмолитмологии болгарским геологом В. Станевым (июль 1984 г.), случае, когда $K_{\text{П}}$ равен нулю (вырожденный случай) или 100 %.

субрегосейсмоциклитов.

ветствующее по рангу регоциклиту или нексociклиту (в нашей терминологии).

Следовательно, в арсенале ПТБ «сейсмостратиграфия» нет ни термина, соответствующего слоевой ассоциации, литмиту, ни общего термина целостной во времени слоевой ассоциации. Термин «осадочный комплекс», ко всему прочему, частный и неопределенный. Сами авторы отмечают, что он относится к двум рангам тел, сформировавшихся в результате региональных или глобальных циклов. Но ведь и эти два ранга необходимо терминологически различать. Заимствуя термин у Слосса, авторы отмечают, что его комплексы для Северной Америки практически соответствуют их суперкомплексам. Это еще раз подтверждает, что термин неоднозначен. Невольно возникает вопрос: а как же именовать те сейсмотела, которые имеют не региональную, а субрегиональную, местную, локальную природу? В рассматриваемой работе нет ответов на эти вопросы, так как нет сколько-нибудь целостной системы терминов и понятий.

5. Термины и понятия структуры циклитов и сейсмоциклитов

Любая наука по мере своего развития обязательно стремится систематизировать, классифицировать объекты своего исследования по их существенным свойствам. В противном случае она может просто не справиться с возрастающим потоком новых данных. В той же книге «Сейсмическая стратиграфия» не дается какой-либо классификации «осадочных комплексов», и это влечет за собой целый ряд

методических, а в конечном счете и теоретических недо-
статков, наличие которых в определенной мере стимулирует
дальнейшие исследования данной проблемы.

На *сейсмограммах*, каким бы преобразованиям они не
подвергались, отражена только *структура тел* слоевых ассо-
циаций и «тел в телах» (нефти, газа, рудных тел и др.).
Изучение структуры — традиционная задача сейсморазвед-
ки — остается важнейшей задачей и нетрадиционной «сей-
смостратиграфии». Все задачи сейсмостратиграфии, пере-
численные выше (определение вещества, фаций, генезиса
и т. д.), являются производными, вторичными, при решении
которых так или иначе многое зависит от искусства ин-
терпретации. Именно поэтому нередко задают вопрос: что
же такое сейсмостратиграфия — искусство или наука?
И отвечают на него так: «Сегодня это скорее искусство —
выделение на разрезах характерных комбинаций отраже-
ний и их интерпретация с помощью изрядной доли вообра-
жения»²⁵. Однако это «искусство», кроме воображения и
опыта, требует еще и знания физических законов или хотя
бы геологических закономерностей²⁶. Знание структуры —
это основа знания об объекте. Не случайно определение за-
кона часто дается через структуру, а нередко и идентифи-
цируется с ней. В определенной мере именно этим была
вызвана разработка структурной классификации циклитов²⁷.

По характеру *направленности непрерывного изменения*
существенного свойства (признака) от элемента (слоя)
к элементу (слою) снизу вверх в вертикальном разрезе
(обнажения, скважины) было выделено две группы цикли-
тов: *однонаправленные* и *разнонаправленные*. В каждой из
этих групп по тому же признаку и ранее сформулированным
правилам выделялось по два типа циклитов. В первой груп-
пе выделены 1) тип с «прямой», «прогрессивной» и
2) с «обратной», «регрессивной» направленностью измене-
ния существенного свойства. Первые получили название
«прогрессивные циклы», или сокращенно «*проциклиты*»,
а вторые — «регрессивные», или «*рециклиты*». В качестве
существенного структурного признака для терригенных
пород взяты размер зерна и его изменение в разрезе от

²⁵ Шерифф Р. Е. Ограничения разрешающей способности сейсмо-
разведки МОВ и детальность получаемой геологической информа-
ции.— В кн.: Сейсмическая стратиграфия, с. 24.

²⁶ Поскольку законы геологии еще не сформулированы.

²⁷ См.: Трофимук А. А., Карогодин Ю. Н. Основные типы цикло-
комплексов нефтегазоносных бассейнов Сибири.— Докл. АН СССР,
1974, т. 214, № 5, с. 1156—1199.

слоя к слою. Поэтому термины «регресс» и «прогресс» не имеют ничего общего с динамическими, фациально-генетическими терминами «регрессия» и «трансгрессия моря». Тогда же были предложены для графического изображения новых терминов символы — треугольник и «перевернутый» треугольник, которые быстро и широко вошли в практику исследования цикличности.

Во второй группе (разнонаправленных) циклитов по комбинации направленности непрерывного (!) изменения существенного свойства от элемента (слоя) к элементу (слою) снизу вверх в вертикальном разрезе выделено также два типа. Соответственно по комбинации направленности изменения свойства один тип назван прогрессивно-регрессивным, или *про-рециклитом*, второй — регрессивно-прогрессивным, или *ре-проциклитом*. Соответственно символы для первого — два треугольника, соприкасающиеся вершинами («песочные часы»), а для второго — соприкасающиеся основаниями (ромб).

Опыт многочисленных исследований подтверждает реальное существование в природе всех четырех выделенных типов. Они выделяются не только в естественных обнажениях, по керну, но и по геофизическим исследованиям скважин (ГИС)²⁸. Априори можно считать, что эти четыре основных типа должны выделяться и по данным сейсморазведки. Значит, для образования термина, отражающего структурный тип сейсмоциклита, к нему следует добавить соответствующий терминологический элемент про-, ре-, про-ре-, ре-про- (см. таблицу).

При описании структуры циклита и сейсмоциклита необходимо использовать такие соподчиненные термины и понятия, как *элемент* (Э) циклита и соответственно элемент *сейсмоциклита* (ЭСЦ), *гемциклит* (половина циклита, полуциклит) и соответственно *гемисейсмоциклит* (ГСЦ), а также нижняя, *инициальная* (И) часть циклита, или *ингемциклит* (ИГЦ) и верхняя, *финальная* его часть, или *фингемциклит* (ФГЦ).

Весьма важен для выполнения направленности и непрерывности изменения структуры циклитов в разрезе (а следовательно, во времени и пространстве) такой показатель, как отношение одной (например, прогрессивной) части к

²⁸ См.: Карогодин Ю. Н., Гайдебурова Е. А. Системные исследования слоевых ассоциаций нефтегазоносных бассейнов по комплексу промыслово-геофизических данных. — Новосибирск, 1985. По аналогии с сейсмоциклитами их можно было бы назвать «гисциклитами».

другой (регрессивной), нижней к верхней или к их общей мощности. Этот показатель назван *коэффициентом прогрессивности* (K_{π}). Графически эта направленность выражается в виде кривой значений отношения мощности прогрессивной части циклита к общей его мощности в процентах²⁹.

В «Сейсмической стратиграфии» используются такие структурные термины, как *кровельное прилегание*, *кровельное согласие*, *эрозионный срез*, *подошвенное несогласие* (налегание и прилегание) и *подошвенное согласие*³⁰. Эти термины необходимы, но следует подумать о возможной замене их более краткими.

6. Термины и понятия ранга циклитов и сейсмоциклитов

Все более и более очевидно, что природные объекты, *целостные объекты-системы*, имеют иерархическую (или квазиерархическую) организацию. Это относится и к живому и к неживому микро- и макромиру. Поэтому *принцип субординации*, иерархии, или, как его еще называют, *принцип уровней организации*, является важнейшим методологическим принципом. Все отчетливее вырисовывается иерархическая организация осадочной оболочки Земли (литосферы), и о некоторых уровнях можно говорить совершенно определенно. Уровень организации, ранг — это, прежде всего, степень сложности вещественно-структурной организации объекта³¹.

Как уже неоднократно отмечалось, в том числе и в упоминавшейся коллективной статье³², аппарат системно-структурного анализа породно-слоевых ассоциаций позволяет достаточно обоснованно выделять следующую иерархическую цепочку циклитов: *элементарные (элециклиты)* → *темициклиты* → *региональные (регоциклиты — 8—10 ± 2 млн. лет)* и *субрегиональные (субрегоциклиты)* → *нексоциклиты (80—100 ± 10 млн. лет)* → *галциклиты (170—*

²⁹ См.: Карогодин Ю. Н. Коэффициенты прогрессивности и алитности (делитности) в системном анализе слоевых ассоциаций нефтегазоносных толщ.— В кн.: Геология и нефтегазоносность мезозойских седиментационных бассейнов Сибири. Новосибирск, 1983, с. 166—169; Карогодин Ю. Н., Прокопенко А. И. Методы исследования структуры нефтегазоносных бассейнов.— М., 1984.

³⁰ Сейсмическая стратиграфия, с. 117.

³¹ Очень часто исследователи не различают понятия «ранг» и «масштаб» (размер) объектов.

³² Трофимук А. А., Карогодин Ю. Н., Ведерников Г. В. и др. Методологические аспекты ориентации...

200 ± 10 млн. лет) → *тригалциклиты* (600 млн. лет). Их определения давались ранее неоднократно, а здесь приводятся на схеме (см. таблицу). Элециклиты, даже самые крупные, имеют мощность, редко превышающую 10—12 м (например, грубообломочные молассовые циклиты), а это, известно, выходит за пределы разрешающей способности сейсморазведки.

На сейсмограммах в качестве самых «мелких» единиц, имеваемых часто «слоями», выделяются «темсейсмоциклиты»³³. По материалам сейсморазведки, как нам представляется, наиболее «ярко» выделяются регосейсмоциклиты, а часто и субрего-, а также некосейсмоциклиты.

В «Сейсмической стратиграфии» вопрос о ранге СЦ специально не обсуждался и не различаются понятия «ранг» и «масштаб». Однако на приводимой в этой работе циклограмме в фанерозое выделено три порядка циклов: циклы первого порядка — продолжительностью 200—300 млн. лет, циклы второго порядка — 10—80 млн. лет, и третьего — 1—10 млн. лет. Но такая ранжировка вызывает возражения.

Прежде всего, время — это мера, масштаб, который, конечно, связан с рангом, но эти связи часто не прямые и не простые, и их еще нужно установить. Ранжировка по времени — это ранжировка процессов, а не тел — слоевых систем, с которыми в первую очередь имеют дело исследователи. Выводы о характере процессов, их динамике и кинематике, времени, природе и т. д. — это всегда предположения и гипотезы, получаемые на основании исследования тел. Поэтому в первую очередь должна быть определена иерархия тел, а затем уже время формирования тех или иных таксонов и произведена их группировка по этому признаку.

У каждого из выделенных циклов трех порядков слишком велик временной «люфт», диапазон. По нашему мнению, 10 и 80 млн. лет (если брать крайние значения) — это два порядка циклов: рего- (8—10 ± 2 млн. лет) и нексоциклы (80—100 ± 10 млн. лет). В интервал от 1 до 10 млн. лет явно «укладывается» несколько рангов — от рего- до элециклов. «Люфт» в 100 млн. лет (т. е. целый нексоцикл) для циклов «первого порядка» (200—300 млн. лет) тоже очень велик. Если взять нижний предел (200 млн. лет), то это соответствует времени формирования галциклита. В венд — фанерозое их три, что примерно и

³³ Возможно, циклиты этого ранга следовало бы называть зональными, или зонциклитами.

соответствует времени этого интервала геологической истории. Венд (по крайней мере, верхний) при рассмотрении седиментационной цикличности нельзя отрывать от фанерозоя. Это начало формирования крупного циклита (тригалициклита), начало формирования платформенных осадочных чехлов. Р. М. Митчем с коллегами выделяют два цикла первого порядка и, видимо, не случайно, отмечают, что четкой границы между ними нет. Они полагают, что группы осадочных комплексов объединяются в комплексы более высокого порядка, называя их «суперкомплексы»³⁴, что сопоставимо с первоначальным пониманием комплекса Слоссом. Более точного определения «суперкомплекса» они не приводят.

7. Термины и понятия категории меры (масштаба)

Как уже отмечено выше, необходимо различать термины *ранг* и *масштаб*. Масштаб, в отличие от ранга, есть термин категории меры как процессов, так и предметов (тел). Поскольку литмология и сейсмолитмология имеют дело и с телами (литмитами, циклитами), и с процессами их образования (циклами), то и термины должны быть двух типов: а) времени процессов (циклитов) и б) мощности циклитов (см. таблицу). Общим термином меры процесса и его следствия (циклита) является период.

Период (ПР)³⁵ — это мера цикла и (или) его следствия (циклита, сейсмоциклита), выраженная в каких-либо единицах (абсолютных, относительных, условных) измерения времени протекания процесса, мощности тел).

В качестве общего термина, отражающего цикл во времени, различными исследователями предложено несколько терминов: хроноцикл (циклохрон), циклопериод (периодоцикл). Однако принципам терминообразования наиболее отвечает термин «сехрон» (от *se* — «одна» и *chronos* — «время»)³⁶.

Сехрон (СХ) — это длительность формирования циклита (во времени). Этот термин и образованные от него ранговые термины используются и в литмологии и в сейсмолит-

³⁴ См.: Митчем Р. М.-мл., Вейл П. Р., Томпсон С.-III. Осадочный комплекс как основная единица...

³⁵ Общенаучное определение см. в специальных справочниках и словарях.

³⁶ Митчем Р. М.-мл., Вейл П. Р., Томпсон С.-III. Осадочный комплекс как основная единица..., с. 113.

Мологий, чем лишний раз подчеркивается их непосредственное родство. Сехропная характеристика важна прежде всего для ранговых подразделений. Этот ряд терминов может быть образован путем добавления ранговой соответствующей морфемы к термину «сехрон».

Эле (тем-, рего-, некса-, гал-, тригал-) *сехрон* — это длительность формирования соответствующего *элементарного* (тем-, рего-, некса-, гал-, тригал-) циклита (цикла).

Для меры и ее количественного выражения отсутствия породно-слоевых разностей на границе циклитов были введены новые термины — *делит* (алит) и понятия — *делитность* и *коэффициент делитности*³⁷. Совершенно очевидно, что и для интервала времени, не представленного отложениями, нужен термин. По аналогии с предыдущими можно образовать новый — дехрон.

Дехрон (ДХ) — интервал геологического времени, не представленного отложениями. Как правило, дехрон — это граница между циклами. Следовательно, ранг дехрона — это ранг разделяемых им циклов. Значит, ранговая цепочка, как и в случае с сехроном, может быть образована путем прибавления к термину «дехрон» ранговых морфем: эле-, рего-, некса- и т. д. (см. таблицу). При этом следует иметь в виду, что цикл любого «высокого» ранга состоит из ЦЛ «низшего», вплоть до элементарного, ранга. В таком случае ранг дехрона определяется рангом циклов наиболее «высокого» ранга. Именно здесь может ярко проявиться различие терминов «ранг» и «масштаб».

Для отражения масштабности должна существовать иная терминология, отличная от терминологии ранговости. Циклит одного и того же ранга имеет различную мощность в зависимости от скорости осадконакопления, сохранности, уплотнения и т. д. Минимальная, средняя, максимальная мощность циклитов одного ранга, безусловно, важный показатель, поэтому для этих понятий должны быть введены свои термины. В практике седиментационной цикличности распространены такие термины, как *нано-*, *мини-*, *миди-*, *макси-* и *гигациклит* (см. таблицу).

8. Термины категории процесса

В литологии и сейсмолитологии основными, главными терминами категории процесса являются термин «седиментационный цикл» и производные от него. Одновре-

³⁷ См.: Карогодин Ю. Н. Коэффициенты прогрессивности и алитности (делитности)..., с. 166—169.

менно (но далеко не синхронно в смысле начала и окончания) происходит множество других циклических (и нециклических) процессов, нашедших (или не нашедших) отражение в свойствах и признаках породных слоев. Это — изменение климата, минерального, породного и фациального состава отложений, радиоактивности, частоты палеомагнитных вариаций, солености вод бассейна, эвстатических колебаний уровня Мирового океана и т. д. Большую ошибку допускают многие исследователи, не различая эти циклы или сводя их к одному, идентифицируя их с седиментационным циклом. Это ведет к путанице и ложным выводам. Так, одной из существенных методологических ошибок авторов «Сейсмической стратиграфии» является полная идентификация осадочных циклов с циклами изменения уровня океана (эвстатическими колебаниями).

Общеизвестно, что в составе литосферы в разрезах целого ряда бассейнов имеются мощные (до 10 000 м) толщи моласс, формировавшихся в континентальных условиях, образование циклитов которых никаким образом непосредственно не связано с колебаниями уровня океана.

Основным понятием рассматриваемой категории, как уже сказано, является седиментационный цикл, или (сокращенно) седицикл.

Седицикл — это направленный и непрерывный (абсолютно или относительно) во времени процесс осадконакопления.

Этот термин, так же как и образованные от него (производные), является общим для литмологии и сейсмолитмологии.

Подобно терминам структуры циклита, добавлением морфемы *геми-* к термину «цикл» можно обозначить часть (половину) цикла — *гемицикл*. Добавлением морфем *ин-* и *фин-* можно образовать термины, обозначающие соответственно начальную (первую) и финальную части цикла. Фаза цикла — термин общенаучного пользования, а посредством морфем *ин-*, *фин-* можно отразить ее место в структуре цикла и гемицикла (см. таблицу).

9. Термины категории свойств

К этой категории относятся такие широко распространенные термины, как ритм, симметрия и асимметрия цикла (во времени) и циклита (в мощностях), и менее распространенный — литм. Количественное выражение последнего отражается коэффициентом прогрессивности.

Ритм — термин, широко распространенный в седиментационной цикличности. Выше отмечено, что его употребляют

в разных значениях и разных категориях терминов, а иногда и во всех сразу, часто как синоним цикла³⁸. Ритм во всех областях знаний и вообще человеческой деятельности (музыке, искусстве) — это *характеристика, свойство* процесса (цикла), указание на то, как и какие элементы последовательности сменяются закономерно. Например, циркадный ритм: смена дня (света) и ночи (темноты), ритм сердца: пауза (диастола) — удар (систола), ритм сна (последовательная смена фаз неглубокого сна глубоким и активным), трансгрессивно-регрессивный ритм в морском цикле седиментации (а может быть и седиментационный цикл без трансгрессии, или без регрессии, или вообще без трансгрессии и регрессии), ритм музыкальный (3/4 — акцент — два удара, 2/4 — акцент — пауза и т. д.), ритм дыхания (вдох — пауза — выдох — пауза) и т. д. Термин «ритм» ни в одной науке (кроме геологии), как правило, не применяется к категории предметов. Это свойство, структурная характеристика процесса. В геологии (и географии тоже) очень часто термин «ритм» употребляется в значении «период», «сехрон» (что, конечно, неправильно и нежелательно) как характеристика структуры разреза, мерности, равномерности чередования породных слоев (и слоевых ассоциаций). В этом значении ранее был предложен термин «литм».

Литм — порядок, *соразмерность следования* (чередования, соотношения и (или) повторения) в *геологическом разрезе породных слоев и (или) слоевых ассоциаций*.

Сейсмолитм — литм, установленный по сейсморазведочным данным.

Классификация литма совершенно не разработана, хотя в различных терминах (геологических, седиментологических) можно найти различные типы литма (например, флишевый пульсит, циклёс и др.).

Термины *симметричный* и *асимметричный цикл* и *циклит* вряд ли нуждаются в пояснениях. Заметим лишь, что симметрия и асимметрия циклита количественно выражается с помощью рассмотренного выше коэффициента прогрессивности.

На этом можно закончить рассмотрение основных терминов и понятий сейсмолитмологии, всего их в таблице 57.

³⁸ См.: Попов В. П. О терминах «периодичность», «ритмичность», «цикличность». — В кн.: Цикличность осадконакопления и закономерности размещения горючих полезных ископаемых. Новосибирск, 1975, с. 8.

Может показаться, что их слишком много, но это гораздо лучше и удобнее, чем сотню понятий определять 5—10 терминами, которые легко запомнить, но трудно понять (у каждого из них будет по 10 и более значений). Неоднозначность, многозначность и многосмысленность — страшные враги науки. Менее опасно иметь термины с двумя и даже тремя синонимами (в минералогическом словаре почти у каждого минерала по несколько названий), чем неопределенные и многозначные. На начальном этапе развития, формирования науки синонимы как бы участвуют в «естественном отборе». Выживет, привьется лучший. Очень хорошо по этому поводу писал во введении к международному стратиграфическому справочнику его редактор Х. Хедберг: «В конце концов спорные вопросы могут быть разрешены в процессе работы, непригодные термины отомрут, а непригодные процедуры будут забыты»³⁹.

В словаре, который дан в конце первой части «Сейсмической стратиграфии», этих терминов, как уже сказано, 109. Это говорит о бурном развитии обсуждаемого направления, так как оно отражается в росте числа понятий, а понятия требуют и новых терминов. Поскольку задумана и начата теоретическая и методологическая работа по сейсмолитологии, необходим единый удобный язык общения. Более ста терминов, употребляемых зарубежными исследователями, не представляют собой систему: отсутствуют термины весьма важных понятий. Следовательно, необходимо заложить основу системной ПТБ и в дальнейшем ее совершенствовать, развивать и расширять. Геологи, безусловно, могут и должны искать улучшенные варианты уже рассмотренных терминов и предлагать новые, но при этом обязательно нужно четко формулировать, в каком значении термин употребляется, в скобках или сноске дать синоним, а еще лучше указать его автора, так как один и тот же термин часто используется в существенно различных значениях без каких-либо оговорок и ссылок.

К сожалению, в нашей науке не редкость использование в ином значении введенных кем-либо терминов, но без обоснования такого переосмысления⁴⁰. Этим порождается многозначность терминов.

³⁹ **Международный** стратиграфический справочник/Под ред. Х. Хедберга.— М., 1978, с. 14.

⁴⁰ См., например: **Малиновский Ю. М.** Спифазная стратиграфия фанерозоя.— М., 1982; **Вассоевич Н. Б., Меннер В. В.** Системные уровни организации..., с. 5—14.

Простота, легкость языка во многом зависят от того, насколько грамотно будут учитываться перечисленные выше принципы терминообразования. Остается напомнить, что сейсмолитмология как никакой другой раздел геологии широко пользуется вычислительной техникой, а она не терпит многозначности языка. Поэтому не исключено, что именно с сейсмолитмологии и литмологии может начаться эффективное и конструктивное формирование достаточно точного языка геологии.

ДИАЛЕКТИКА СОДЕРЖАНИЯ И ФОРМЫ ПОНЯТИЙ «РЕГИОНАЛЬНЫЕ» И «ДЕТАЛЬНЫЕ РАБОТЫ» В СЕЙСМОРАЗВЕДКЕ

Г. В. ВЕДЕРНИКОВ, канд. техн. наук

I

Потребности геологического изучения территорий определяют виды и стадийность сейсморазведочных работ, как фактическое их содержание, так и форму (регламентирующие документы: положения, инструкции, методические указания и справочники).

Постоянное усложнение сейсмогеологических условий заставляет сейсморазведку непрерывно совершенствовать арсенал своих средств. В то же время возможности сейсморазведки, обретенные ею в процессе научно-технической революции за последние 20 лет, позволяют решать принципиально иные задачи, рождая новые виды сейсморазведочных работ. Эта диалектическая связь (единство и противоположность) потребностей (задач) и возможностей является главным стимулом технического прогресса сейсморазведки.

В методе отраженных волн — ведущем методе современной сейсморазведки — наибольший прирост качества дало применение плотных систем многократных перекрытий в комплексе с углубленной селекцией полезных волн на ЭВМ. Именно на этой базе в последние годы существенно расширился круг задач, решаемых как региональными, так и детальными работами.

В ходе региональных работ качественно новые результаты достигаются при использовании приемов сейсмостратиграфии (сейсмолитмологии), когда открывается возможность: «а) выделения и трассирования сейсмических

реперов и всех заметных поверхностей несогласий; б) классификации несогласий и увязки их с сейсмическими реперами; в) выделения структурно-литологических этажей квазисинхронных седиментационных сейсмических комплексов (КССК) и сейсмических фаций (СФ); г) построения карт поверхности, подошвы и мощности КССК и СФ; д) построения региональных графиков относительных изменений уровня моря и е) построения палеотектонических разрезов, приведенных к различным палеоповерхностям выравнивания»¹ — с соответствующим анализом и интерпретацией всех этих данных.

Очевидно, что это совсем другой уровень знания по сравнению с тектоническим районированием территорий, которое было главным результатом региональных сейморазведочных работ прежнего уровня по данным КМПВ и ЗПВ. Если раньше считалось, что вид работ уже определяет их детальность², то для целей сейсмолитмологии задача регионального изучения осадочных бассейнов или их частей решается на базе детальных (сверхдетальных или повышенной детальности) наблюдений на опорных профилях. И это представляется одним из парадоксов сейсмолитмологии (сеймостратиграфии), затрудняющих ее восприятие многими геологами. (Как это — детальные наблюдения считать региональными работами?) Но здесь нет парадокса, а все вытекает из самой сути сеймостратиграфии, когда на протяженных профилях, по размерам отвечающих требованиям выявления особенностей регионального строения, необходимо выделять локальные объекты или определенные детали, являющиеся характеристическими признаками выделения КССК и СФ. При этом методика наблюдений (в том числе и их высокая плотность) и обработки материалов должна обеспечить максимальную адекватность разреза его глубинному аналогу в динамических характеристиках сейсмических волн, которые упрощенно можно трактовать как меру отражательной способности геологического разреза.

При таком подходе за информативный принимается каждый участок временного разреза $\delta(x, t)$. Поэтому количество извлекаемой и используемой информации здесь не идет ни в какое сравнение с тем, что можно получить от схем любой детальности корреляции разрезов глубоких

¹ Кунин Н. Я., Кучерук Е. В. Сеймостратиграфия в решении проблем поиска и разведки месторождений нефти и газа. — М., 1984, с. 24.

² См.: Справочник геофизика. Т. IV. Сейморазведка. — М., 1966, с. 684—687.

скважин, анализа отдельных сейсмических (отражающих и преломляющих) границ или данных тектонического районирования по материалам геофизических работ другими методами (потенциальных полей). Естественно, что сейсмолитмология не заменяет и не отвергает информативность этих данных, а, наоборот, используя их в качестве априорных, многократно усиливает, позволяя детально проследить характер изменений свойств по латерали и во времени. Точно так же учет и использование дополнительных геологических закономерностей (например, характера цикличности осадконакопления) существенно повышают эффективность сейсмолитмологического подхода к интерпретации сейморазведочных данных.

Подтверждением сказанного может служить опыт работ Сибирской геофизической экспедиции на юго-востоке Западной Сибири и в Зайсанской впадине. Уже первые материалы такого анализа по профилям, выполненным экспедицией в зоне сочленения Нюрольской впадины с крупными антиклинальными структурами ее обрамления, такими как Межовский свод и Пудинский мегавал, позволили получить новые данные о геологическом строении этого района (Пудинско-Верх-Тарского), имеющие, на наш взгляд, принципиальное значение и требующие новых подходов к выбору стратегии поисково-разведочных работ. Из числа этих важных результатов можно выделить следующие.

1. Показано, что сложный характер сейсмической записи для интервала палеозойского КССК, характеризующийся отсутствием выдержанных отражающих границ на большей части этого района, может свидетельствовать о значительном метаморфизме пород этого комплекса и высокой степени тектонической активности.

2. Установлена определяющая роль тектонического фактора в формировании рельефа поверхности палеозойских отложений и соответственно условий осадконакопления нижне-среднеюрских отложений чехла.

3. В толще средне- и нижнеюрских отложений выявлено наличие зон, которые по своей приуроченности к опущенным блокам доюрского фундамента в условиях континентального режима осадконакопления могут быть отнесены к палеоруслам рек. Наличие таких зон в пределах крупных антиклинальных структур (Пудинский мегавал и Межовский свод) существенно расширяет перспективы их нефтеносности, а поиск песчаных тел палеорусел выдвигается в качестве нового перспективного направления поисково-разведочных работ.

4. Можно говорить о наличии и, вероятно, широком распространении структур инверсионного типа как в палеозойских отложениях, так и в различных стратиграфических диапазонах осадочного чехла.

5. Доказаны более сложное строение верхнеюрских отложений в пределах ранее разведанных антиклинальных структур, таких как Верх-Тарская, и связанная с этим неоднородность коллекторских свойств продуктивного пласта Ю₁.

6. Показаны фациальная неоднородность отложений баженовской свиты и клиноформный характер строения куломзинской свиты.

7. Выявлены и рекомендованы в качестве первоочередных для дальнейших поисково-разведочных работ перспективные объекты в низах осадочного чехла и палеозойских отложениях.

С учетом высокой эффективности региональных работ МОГТ на сейсмолитмологической основе Сибирской геофизической экспедиции определены перспективы их выполнения до 1990 г. как части программы региональных работ в Западной Сибири, составленной ИГиРГИ. Планом предусматривается выполнить два «генеральных» субширотных пересечения юго-востока ЗСП от Верхне-Демьянского мегавала до Томь-Колыванской складчатой зоны и одно субмеридиональное — от Барабинской опорной скважины через Убинский массив, Пудинский мегавал до Северо-Васюганского мегавала.

II

При проведении детальных сейсморазведочных работ на основе методических приемов прогнозирования геологического разреза (ПГР) возникает новый этап сейсморазведки — постразведочный, который назван³ промысловой сейсморазведкой. Особенность его заключается в том, что работы выполняются в пределах уже разведанного (со сданными в ГКЗ запасами) месторождения на этапе подготовки к эксплуатации или ее начала.

Сущность этого этапа заключается в том, что при комплексировании детальной сейсморазведки с данными разведочного бурения можно выполнять детальное прогнозирование геологического строения продуктивных горизонтов с

³ См.: Сейсморазведка: Справочник геофизика.— М., 1984, с. 231—232.

целью оптимизации схемы размещения добывающих (промысловых) скважин.

Поскольку для окончательных выводов опыт таких работ еще недостаточен, необходимо глубокое методологическое осмысление имеющихся примеров. Пока наиболее широко работы в этом направлении выполняются в Татарии⁴, занимающей по геологической изученности глубоким бурением первое место. Здесь на 17 месторождениях уже после подсчета их запасов были уточнены контуры залежей и этажи нефтеносности, даны рекомендации на заложение дополнительных разведочных скважин, исключены из схемы разбуривания заведомо непродуктивные скважины.

Какие же основные уроки этих работ необходимо усвоить? Думается, что следующие.

1. Уточнения геологического строения месторождений, очевидно, нельзя объяснять их недоразведанностью. Из примеров исследования Татарии видно, что на момент подсчета запасов было пробурено 12—18 скважин на одно месторождение. Для месторождений с незначительными запасами это можно, видимо, считать достаточным.

2. Уточнение контуров залежей, как правило, ведет не к сокращению, а к расширению общей площади месторождений вследствие включения малых по размерам структур-спутников и благоприятных структурных осложнений, ранее не включенных в подсчетный контур структуры. Естественно, что для решения этой задачи требуется высокая плотность сети профилей, достигающая 2—2,5 км/км².

3. Высокие точность, достоверность и детальность как структурных построений, так и ПГР, требуемые для решения этих задач, достигаются на базе комплексирования сейсморазведки с глубоким разведочным бурением, т. е. это — результаты не сейсморазведки современного уровня (что является совершенно необходимым, но недостаточным условием), а именно комплексирования сейсморазведки и бурения. В этом отношении даже самый высокий уровень сейсморазведки (техничко-методическое обеспечение, плотность наблюдений, глубина обработки), выполненной на этапе выявления объекта и подготовки его к поисковому бурению, не исключает постразведочного этапа, поскольку не сможет сравниться с возможностями комплекса. Требуется, как минимум, последующая переинтерпретация сей-

⁴ См.: Семакин Б. В., Грунис Е. Б., Завесин М. А. Об использовании сейсмических данных при доразведке и подсчете запасов нефтяных месторождений.— Геол. нефти и газа, 1983, № 5, с. 15—20.

смыслеских материалов по мере появления данных бурения и возможностей обеспечения комплексного подхода. А поскольку эти два этапа разделены во времени, всегда возникают новые возможности и потребность их опробования на постразведочном этапе. Так, например, в настоящее время получает широкое развитие методика многоволновой, высококоразрешающей и трехмерной сейсморазведки, которая к массовому использованию на поисковом и разведочном этапах пока не подготовлена. Поэтому очевидно, что нерационально допускать переразведку площадей из расчета решать в будущем задачи следующих этапов (например, на поисковом — задачи разведочного и постразведочного этапов).

4. В экономическом отношении работы постразведочного этапа можно отнести к области наиболее эффективного использования сейсморазведки. Это, возможно, связано с очевидностью исчисления экономического эффекта. Так, если для месторождения уже составлен проект разработки, то исключение из схемы разбуривания заведомо непродуктивных скважин дает совершенно реальную легко определяемую экономию. Она, как правило, уже многократно перекрывает затраты на сейсморазведку, даже без учета экономии от прироста новых запасов в пределах обустроенных и эксплуатируемых месторождений.

Сибирская геофизическая экспедиция планирует выполнение таких работ на Верх-Тарском (в Новосибирской области) и Лугинецком (в Томской области) нефтяных месторождениях, переданных на баланс Миннефтепрома. В обоснование постановки этих работ можно положить слабую обеспеченность этих площадей сейсморазведкой (МОВ начала 70-х годов), установленное в последние годы более сложное геологическое строение залежей по сравнению с картами подсчета запасов, которые являются основой для составления проектов разработки, и высокую ожидаемую экономическую их эффективность. Так, по Лугинецкому месторождению отмена бурения 1,5—2% промысловых скважин уже оправдывает затраты на сейсморазведку, а судя по опыту Татарии, эта цифра может достигать 15—20%.

III

Рассмотренные выше новые аспекты содержания понятий «региональные» и «детальные работы» в сейсморазведке вынесены на обсуждение потому, что они, на наш взгляд, еще не отложились в общественном сознании как общепринятая норма практики. По крайней мере при раз-

витии и планировании этих работ мы часто встречаемся с их неприятием — от отрицания их целесообразности («Зачем региональные работы, если они (?) уже выполнены?» «Зачем работы на уже подготовленных месторождениях?») до официального отказа от их проведения.

Что же касается формы этих работ (в том понимании, о каком шла речь вначале), то с недавнего времени она находится в полной гармонии с содержанием и открывает для него широкое поле развития.

Проследивая диалектику формы на данном примере, можно выделить следующие этапы ее развития: начало рассогласования → накопление и усиление противоречий между формой и содержанием → становление новой формы (обретение ею устойчивых общепринятых признаков). Внешне это отражается в том, что появляются публикации, содержащие критику существующих и предложения новых форм и различных методических рекомендаций по частным вопросам, — первый этап. Затем происходит утверждение нового положения — второй этап. И наконец, появляются методические указания, инструкции, закрепляется существующее положение и обобщается опыт в справочниках — третий этап.

Приведем конкретный пример.

«Положение об этапах и стадиях геологоразведочных работ на нефть и газ», утвержденное министерствами геологии, нефтяной и газовой промышленности в 1970 г., к началу 80-х годов вступило в противоречие с их содержанием (в том числе и в аспектах, рассмотренных выше). Поэтому в этот период появляется серия статей с обсуждением и предложением новых схем этапности геолого-разведочных работ⁵, а также отраслевых методических пособий по ПГР, сейсмостратиграфии, подготовке АТЗ и т. д. Поэтому в появившемся в 1981 г. очередном справочнике по сейсморазведке содержится не очень четкое и недостаточно полное изложение вопросов о видах и стадиях сейсморазведочных работ, но немало туманных рассуждений о том, какая задача (обнаружения или измерения?) решается на различных этапах работ, и все проблемы интерпретации сводятся к решению задач геометрической сейсмики⁶.

⁵ См., например: Аракелян В. А., Габриэлян Г. А., Енгальцев Э. А. Совершенствование схемы проведения поисково-разведочных работ на нефть и газ. — М., 1977; Аксенов А. А., Алексин А. Г., Глозов О. К. и др. О стадийности геологоразведочных работ на нефть. — Нефтегазовая геология и геофизика, 1980, № 1, с. 16—21.

⁶ См.: Сейсморазведка: Справочник геофизика, с. 422.

Утвержденное в конце 1983 г. новое «Положение об этапах и стадиях геологоразведочных работ на нефть и газ» узаконило вновь сформировавшиеся виды работ, в том числе и рассмотренные выше, открывая широкие перспективы для их дальнейшего развития и совершенствования. Поэтому в справочнике по комплексированию геофизических методов, вышедшему позже, все вопросы применения сеймо-стратиграфии при региональных работах, методики ПГР на разных этапах разведочных работ получили четкое истолкование⁷.

Таким образом, сейсморазведка находится на том этапе своей истории, когда созданы все условия для ускоренного развития новых направлений работ и превращения их в норму. Поэтому в ближайшие годы следует ожидать широкого разворота региональных работ на сеймо-стратиграфической основе и детальных работ на всех этапах подготовки и ввода в эксплуатацию разведанных месторождений.

⁷ См.: Комплексирование методов разведочной геофизики: Справочник геофизика.— М., 1984, с. 78—83, 113—124.

Раздел III

СПЕЦИАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ГЕОЛОГИИ НЕФТИ И ГАЗА И ПРОБЛЕМЫ ИХ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ СХЕМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ В ПОИСКОВОМ ПРОЦЕССЕ

В. А. ВАНЮШИИ, канд. техн. наук

Методологические и теоретические вопросы прогнозирования нефтегазоносности остаются актуальными, так как эффективность применяемой на практике методики поисков пизка. В работах Н. Д. Белонина, А. М. Волкова, Ю. Н. Карогодина, Б. П. Кабышева, А. Э. Конторовича, В. Д. Наливкина, И. И. Нестерова, А. А. Трофимука, А. И. Холина, М. М. Элланского и других исследователей получены определенные результаты в отношении формализации и автоматизации процесса прогнозирования на основе математических методов и ЭВМ. Однако, по нашему мнению, методологически и теоретически обоснованного подхода к прогнозированию нефтегазоносности к настоящему времени все еще не разработано. Этим и объясняется то, что большие усилия коллективов ученых, возглавляемых А. А. Трофимуком и Ю. Н. Карогодиным, А. И. Дмитриевским, Э. Б. Мовшовичем, В. Д. Наливкиным, Б. И. Смирновым, направлены на исследование и решение методологических и теоретических проблем прогнозирования и поисков нефти и газа.

Теория прогнозирования является базой создания автоматизированных систем информационного обеспечения, проектирования, планирования и управления процессом поисков на региональном и отраслевом уровне. Без создания этих систем трудно рассчитывать на значимое снижение затрат всех видов ресурсов, используемых при поисках и разведке залежей нефти и газа.

Под методологией прогнозирования нефтегазоносности, согласно общим характеристикам методологии¹, будем понимать средства, методы и формы организации разнопред-

¹ См.: Щедровицкий Г. П. Принципы и общая схема методологической организации системно-структурных исследований и разработок.— В кн.: Системные исследования. М., 1981, с. 193—227.

метных и разнопрофессиональных деятельности, необходимых для функционирования и развития организаций, ведущих и обеспечивающих поисковые работы на нефть и газ. Не давая определения теории прогнозирования, обозначим ее назначение, т. е. функцию в поисковом процессе, как научное обоснование технологий прогнозирования — состава и последовательности выполнения операций, способов и правил их реализации. Прогнозирование рассматривается как процесс разработки прогноза. Прогноз есть вероятностное научно обоснованное суждение о перспективах, возможных состояниях явлений или процессов в прошлом (презентистское предвидение)². Смысловое содержание понятия «вероятностный прогноз» будет дано ниже, а научно обоснованный прогноз понимается как результат процесса прогнозирования, реализуемого по логически обоснованной теоретической схеме (технологии), т. е. схеме, для которой фиксированы принципы и правила ее синтеза.

В рамках данной работы предпринята попытка построения теоретической схемы прогнозирования с позиций требований, в общем виде изложенных выше. Одной из целей построения этой схемы является выработка научно обоснованных принципов создания, функционирования и развития системы информационного обеспечения поисково-разведочных работ на нефть и газ. Последовательно будут рассмотрены следующие вопросы: определение функции операции прогнозирования в поисковом процессе и формулирование требований к содержанию прогноза; синтез и анализ технологии процесса прогнозирования; методика количественной оценки вероятностей наличия и отсутствия залежей; принципы построения системы информационного обеспечения поисково-разведочных работ на нефть и газ.

Построение теоретической схемы прогнозирования нефтегазоносности

Наша цель — синтезировать модель технологического процесса прогнозирования, которая бы принципиально обеспечивала получение научно обоснованного прогноза нефтегазоносности. Последовательность действия при этом следующая. На первом этапе определяются цели прогнозирования, далее формулируется понятие объекта прогноза, т. е. залежи нефти и газа. На следующих этапах фиксируются

² См.: Ванюшин В. А., Горштейн В. Л. Методы теории статистических решений в геологических исследованиях. — М., 1982.

принципы и теоретические возможности прогнозирования нефтегазоносности, а затем вырабатываются логическая схема прогнозирования и методика оценки вероятностей на основе характеристик, измеряемых или оцениваемых геолого-геофизическими и геохимическими методами исследования литосферы.

Цель прогнозирования нефтегазоносности. Прогнозирование нефтегазоносности — операция поискового процесса, осуществляемого по комбинированной стратегии для оценки перспектив нефтегазоносности пространственно фиксируемых подобластей (областей прогноза) области поисков (литосферы). Результаты прогнозирования используются при выборе одной из альтернативных операций (прогнозирование нефтегазоносности, глубокое поисковое бурение, отказ от поисков) и комплекса методов ее реализации для каждой области прогноза, для которой не доказана их непродуктивность. Выбор осуществляется по некоторому критерию оптимальности, т. е. по вероятности выявления залежи определенным комплексом методов в фиксированных областях прогноза. Эта вероятность есть некоторая функция от: а) априорной вероятности наличия залежи нефти и газа; б) вероятностей правильного прогноза наличия и отсутствия залежи (при условии, что она есть) в плане и разрезе соответственно для площадных и скважинных методов геолого-геофизических и геохимических исследований. Первая вероятность оценивается по результатам предшествующих исследований, а другие — через их характеристики³. Вопросы дифференцированной по областям прогноза оценки величин прогнозных ресурсов в данной работе не рассматриваются.

Таким образом, конечным результатом (продуктом) процесса прогнозирования в поисковом процессе для каждой фиксированной области прогноза является оцененное значение вероятности обнаружения залежи.

Определение объекта прогноза. При прогнозировании фиксируется объект прогноза. Отсюда возникает необходимость рассмотреть представление о залежи как о природном (естественном) объекте, т. е. определить понятие «залежь нефти и газа». При определении понятия «залежь» как естественного объекта будем учитывать требования логики и опыт логического анализа этого понятия⁴. Известно, что

³ См.: Ванюшин В. А., Горштейн В. Л. Методы теории статистических решений...

⁴ См.: Трофимук А. А., Карогодян Ю. Н., Мовшович Э. Б. Методологические вопросы геологии нефти и газа.— Новосибирск, 1983, с. 69—77.

«определение предмета должно строиться только на тех его признаках, констатация которых технически или принципиально возможна»⁵. Затем необходимо зафиксировать цель употребления понятия и выполнить требование однозначности выделения объекта. Это предполагает существование реализуемого алгоритма (технологии) выделения объекта, т. е. способа определения его пространственных границ. Заметим, что выделяющие объект признаки и свойства считаются константными. Цель употребления понятия «залежь нефти и газа» известна. Набор объектовыделяющих свойств складывается исторически, по мере осознания их в практической деятельности. Поэтому в набор свойств включим прежде те, по которым обычно выделяют залежь как естественный объект,— химический тип соединений и их фазовое состояние, т. е. углеводороды, паходящиеся в поровом пространстве литосферы в газовой, жидкой или смешанной фазе, но не в водорастворенном виде. Действительно, выявление их свойств — единственный способ установления наличия залежей нефти и газа.

Таким образом, понятие «залежь нефти и газа», удовлетворяющее перечисленным выше требованиям, можно определить следующим образом: залежь нефти и газа (ЗНГ) — это связанная область порового пространства литосферы, в которой УВ находятся в газовой или (и) жидкой фазе. Геометрическое понятие «связанная область» здесь уместно потому, что речь идет о геометрии газового или жидкого тела. К тому же, это понятие уже привлекалось для определения залежи⁶. Алгоритм определения пространственных границ ЗНГ вполне очевиден. На практике технология их определения заключается в фиксации в скважинах интервалов глубин, на которых УВ находятся в газовой или (и) жидкой фазе.

В основе построения теоретической схемы прогнозирования нефтегазоносности лежат следующие принципы. Прогнозирование наличия или отсутствия естественного объекта возможно только путем предсказания наличия или отсутствия объектовыделяющих свойств (в отличие от прямого измерения этих свойств). Любые физические или химические свойства, фиксируемые в реальности,— это результат

⁵ Шарапов И. П. Логический анализ некоторых проблем геологии.— М., 1977, с. 45.

⁶ См.: Гольдин С. В., Волков А. М., Гольдин Н. А. Аксиоматическая классификация залежей нефти и газа и ее применение для описания месторождений Тюменской области.— М., 1970 (Тр. ЗапСибНИГНИ, вып. 29).

некоторого физико-химического процесса как системной совокупности соответствующих явлений. Значит, прогнозировать наличие (или отсутствие) объектовыделяющих свойств можно только путем предсказания реализации (нереализации) процессов, приводящих к появлению объектовыделяющих свойств, и процессов, обусловленных наличием этих свойств.

На основании последнего принципа можно построить типологию процессов, на которых теоретически (принципиально) может базироваться прогнозирование нефтегазоносности. Первый тип составляют процессы, приводящие к появлению и сохранению объектовыделяющих свойств, т. е. процессы, которые в геологии нефти и газа называются процессами нефтегазообразования, нефтегазонакопления и сохранения ЗНГ. Второй тип образуют процессы, которые обусловлены наличием объектовыделяющих свойств. К ним относятся процессы массопереноса УВ (миграция) из ЗНГ, за счет которых могут появляться аномальные эффекты в геохимических и физических полях. Фиксация этих эффектов, а также изменений параметров естественных и искусственных физических полей интерпретируется как факт наличия процессов массопереноса или объектовыделяющих свойств. Процессы этого типа по виду их источника (причины их возникновения) могут быть разделены на естественные и искусственные. К последним относятся искусственно вызываемые сейсмические колебания для выявления эффектов их поглощения в залежах.

Заметим, что процессы первого и второго типа разделены во времени и пространстве и могут быть независимо использованы для прогнозирования нефтегазоносности.

Методика определения необходимой и достаточной совокупности процессов обоих типов для прогнозирования следующая. Нам известен конечный результат реализации процессов. Например, это совокупность объектовыделяющих свойств. Фиксируем (функционально) процесс, который приводит к этому результату. Это процесс нефтегазонакопления, т. е. процесс формирования и стабилизации газовых или (и) нефтяных тел. Далее фиксируем явление, на основе которого теоретически может быть реализован этот процесс. Это делается путем анализа физико-химических явлений, обнаруженных и исследованных ранее естественными науками и зафиксированных в знаниях (отсюда понятно, что необходим банк знаний о физико-химических явлениях). Анализ же направлен на определение того, может ли данное явление обеспечить конкретный результат развития процесса, для чего нужно рассмотреть механизм этого явления.

Явлений, обусловивших некий процесс, может быть несколько, причем нет гарантии, что открыты все явления. (Если на практике зафиксирован факт, что процесс происходил (например, залежь есть), и ни один из механизмов известных явлений не объясняет его, то нужно искать объяснения в других явлениях. Отсюда следует, что по данной схеме прогнозирования может быть реализован процесс изучения недр.) Далее фиксируются объекты (определяемые также через понятия), которые необходимы для реализации выявленных явлений. Они рассматриваются как конечный результат соответствующего процесса.

Используя эту методику, можно выделить все процессы, которые должны произойти, вплоть до образования литосферы. Для прогнозирования нефтегазоносности достаточно выделить процессы двух-трех уровней, так как остальные достоверно происходили. Аналогично выявляются процессы, реализация которых привела бы к исчезновению объекто-выделяющих свойств, т. е. «разрушению ЗНГ», а также процессов второго типа.

Принципиальный момент изложенной методики составляет то, что при формировании необходимой и достаточной для прогнозирования нефтегазоносности совокупности процессов каждого типа нужно сделать описание физико-химических явлений, которые могут вызвать эти процессы. Описание явлений включает фиксацию некоторого показателя (v_{jk}), по изменению которого во времени определяется факт реализуемости того или иного явления в виде соотношений типа: $v_{jk} > v_{jk}^{kp}$, где $j = 1, 2, \dots, m_k$ — номер явления, относящегося к k -му процессу, $k = 1, 2, \dots, K$; v_{jk}^{kp} — критическое значение показателя. Обычно это некоторое математическое выражение $v_{jk} = f(y_{ijk})$, где y_{ijk} — значение i -го параметра ($i = 1, 2, \dots, n$), описывающее соотношение между физико-химическими параметрами среды⁷. Заметим, что при этом однозначно фиксируется необходимый и достаточный набор параметров, зная изменение значений которых во времени, можно судить о реализации соответствующего явления.

Совокупность параметров ($\{y_i\}_{jk}$), по которым рассчитывается показатель реализуемости явления (v_{jk}), будем называть прогнозной параметрической моделью явления. Соответствующую совокупность ($Y_k = \bigcup_j \{y_i\}_{jk}$) параметров,

⁷ См.: Иванов В. В. Об особенностях фильтрации ньютоновских жидкостей в гетеропористых средах. — В кн.: Теоретические вопросы геохимических поисков залежей нефти и газа. М., 1979, с. 78—93.

полученных объединением параметров прогнозных моделей явлений, в которых теоретически может быть реализован тот или иной процесс, будем называть прогнозной параметрической моделью процесса. Например, полученную таким образом прогнозную модель для процессов формирования и стабилизации газовых или жидких тел с условиями реализации этих процессов можно интерпретировать как понятие «ловушка». Из изложенного следует утверждение, что понятие «ловушка» для целей прогнозирования может быть построено только на основе анализа указанных процессов.

Условие реализуемости для процесса записывается следующим образом: $V_k: v_{jk} > v_{jk}^{kp}$ ($j = 1, 2, \dots$), т. е. процесс происходил, если выполняются условия реализуемости хотя бы одного явления из совокупности теоретически возможных для этого процесса в рассматриваемый интервал времени.

Прогнозная параметрическая модель залежи для процессов первого типа есть объединение ($Y = \bigcup_k Y_k$) параметров прогнозных моделей всех процессов. Наличие залежи в области прогноза интерпретируется как условие реализуемости во времени всех необходимых процессов:

$$V = \bigcap_k V_k. \quad (1)$$

Здесь нет необходимости жестко фиксировать последовательность процессов во времени, так как реализация процесса высшего уровня означает, что процессы низшего уровня также были реализованы.

Условие (1) есть логическая форма записи правила прогнозирования нефтегазоносности на основании процессов первого типа, которое формулируется следующим образом: в области прогноза залежь имеется, если реализовались все необходимые процессы, и залежи нет, если хотя бы один процесс не реализовался. Условие (1) можно интерпретировать и как реализацию сложного события, представляющего собой полную группу элементарных независимых событий.

Правило прогнозирования на основании изучения процессов второго типа строится по другому принципу. В этом случае необходимо учитывать момент неоднозначного соответствия факта фиксации процесса событию, означающему наличие залежи, так как тот же процесс может быть обусловлен другими факторами. (В этом принципиальное отличие от схемы прогнозирования для процессов первого типа. Там по процессу однозначно фиксируется результат, а во втором случае по процессу судят о причине.) Возникает пе-

обходимость в процедуре идентификации процесса, т. е. решении так называемых обратных задач. Операция прогнозирования осуществляется в два этапа. На первом этапе устанавливается факт реализации процесса, так же как и процессов первого типа, а на втором — осуществляется идентификация причины, инициирующей процесс. Не обсуждая способов идентификации процессов второго типа, будем считать, что она производится также путем фиксации некоторой прогнозной параметрической модели и правила идентификации, по форме аналогично способу задания условий реализуемости процессов первого типа. Тогда факт наличия залежи интерпретируется как условие реализуемости вида (1), а правило прогнозирования формулируется так: в области прогноза имеется ЗНГ, если установлен факт наличия процесса второго типа и доказано, что он обусловлен ЗНГ, и ЗНГ нет, если не зафиксирован процесс или в случае его фиксации доказано, что он обусловлен не ЗНГ.

Прогнозные параметрические модели ЗНГ, соответствующие двум типам процессов с правилами получения прогнозных заключений, — это понятие залежи нефти и газа с позиций прогнозиста.

Таким образом, фиксируя прогнозные параметрические модели ЗНГ и условия реализуемости типа (1), т. е. определяя понятие залежи нефти и газа для прогнозиста, получаем теоретические способы прогнозирования нефтегазоносности. В дальнейшем будем следовать такому принципу: прогнозирование нефтегазоносности возможно только в случае, если имеются способы получения оценок параметров прогнозных моделей современных осадков и возможности экстраполяции их значений в прошлое. Других способов прогнозирования нефтегазоносности принципиально не существует. Заметим, что прогнозирование нефтегазоносности зависит не от наблюдения и прямого измерения параметров процессов первого и второго типов, что невозможно, а от наличия способов оценки параметров прогнозных моделей на основе измеряемых в настоящее время геолого-геофизических и геохимических характеристик литосферы.

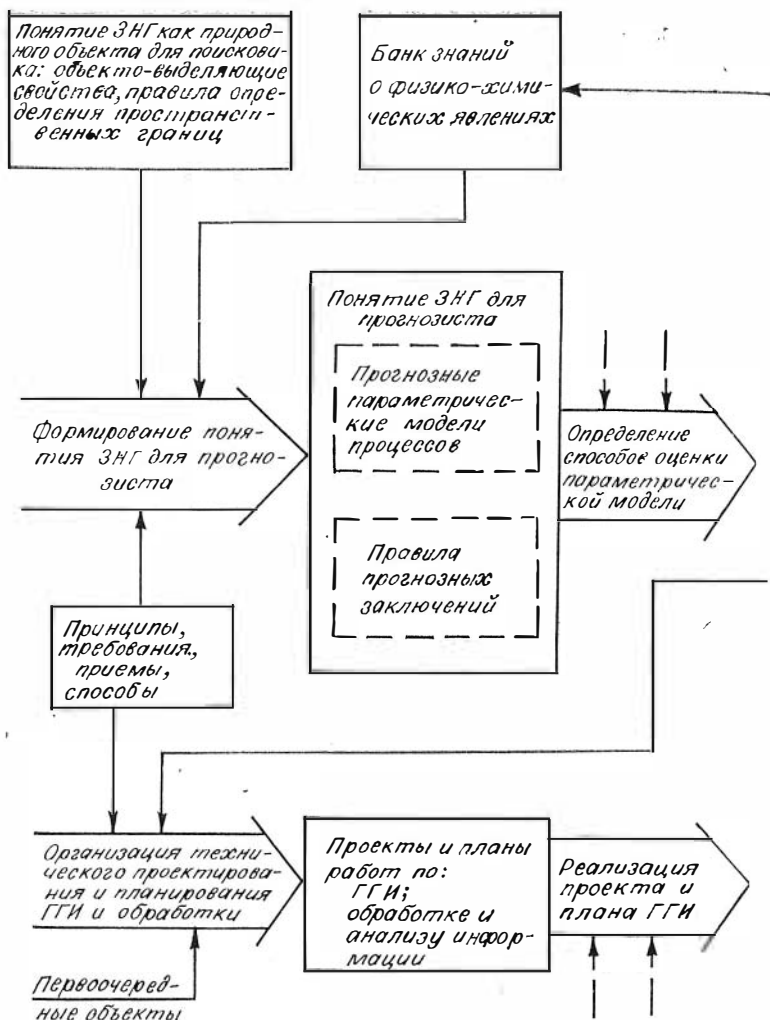
Практические возможности прогнозирования нефтегазоносности определяются, с одной стороны, накопленными знаниями о природных физико-химических явлениях и опытом синтеза прогнозных параметрических моделей, а с другой — состоянием развития средств оценки параметров прогнозных моделей, т. е. способов, методов и технических приемов.

Не обсуждая вопросов получения оценок параметров прогнозных моделей, так как для этого прежде всего необходи-

мо проделать значительную работу по построению прогнозных параметрических моделей ЗНГ, изложим методику оценки вероятностей наличия и отсутствия ЗНГ при условии, что такая работа проделана и в нашем распоряжении имеются способы оценки параметров прогнозных моделей. Способы оценки параметров прогнозных моделей определен, если фиксированы: набор оцениваемых параметров прогнозной модели ЗНГ; точность оценки, которую для каждого параметра будем характеризовать плотностью распределения истинного значения $f(y_i, \Delta y_i)$ в пределах доверительного интервала; совокупность измеряемых характеристик литосферы $\{x_i\}$, способы их измерения, правила и приемы получения оценок параметров прогнозных моделей $\{\hat{y}_i\}$ и $f(y_i, \Delta y_i)$ на их основе, но с учетом точности измерения $\{x_i\}$. Задание характеристик точности оценки параметров прогнозной модели ЗНГ через плотности вероятностей $f(y_i, \Delta y_i)$ и соответственно через них определение плотности $f(v_{kj}, \Delta v_{kj})$ для показателей реализуемости явлений обусловлены предъявляемыми требованиями к метрологии и измерениям геолого-геофизических и геохимических характеристик. Измерения считаются выполненными, если для каждой измеренной характеристики x_i определены интервал, в котором находится истинное значение этой характеристики с некоторой доверительной вероятностью, и плотность распределения $f(x_i, \Delta x_i)$ истинных значений в доверительном интервале. Для измерений в непрерывных (сильных) шкалах это обычные требования. Соответственно плотности распределения $f(y_i, \Delta y_i)$ и $f(v_{kj}, \Delta v_{kj})$ определяются через $f(x_i, \Delta x_i)$ с учетом используемых при этом преобразований.

Каждый способ генерирует совокупность методов оценки параметров прогнозных моделей, которые будем называть методами прогнозирования. Метод прогнозирования — это технически реализуемый способ, удовлетворяющий заданным социокультурным требованиям, характеризуемый определенными затратами и временем реализации.

Как было показано выше, суждения о наличии (отсутствии) ЗНГ в области прогноза делаются на основе выполнения (невыполнения) условий реализуемости процессов (1), которые оцениваются по неравенствам типа $v_k \geq v_k^{кр}$. Если бы существовали способы точечной оценки истинных значений параметров, то результаты прогнозирования нефтегазонасности были бы однозначны. На практике можно получить лишь интервальные оценки параметров прогнозных моделей. В этих случаях о выполнении условий реализуемости для явлений и процессов можно судить только с некото-



рой вероятностью, так как истинное значение показателя реализуемости v_{kj} находится в интервале $(\hat{v}_{kj} - \Delta v_{kj}, \hat{v}_{kj} + \Delta v_{kj})$, где $\hat{v}_{kj}$ — оцененное значение показателя реализуемости. Вероятность выполнения неравенства будет равна интегралу по области допустимых значений $v_k > v_k^{\text{кр}}$ от плотности вероятностей $f(v_{kj}, \Delta v_{kj})$:

$$P(v_{kj} > v_k^{\text{кр}}) = \int_{v_{kj} > v_k^{\text{кр}}} f(v_{kj}, \Delta v_{kj}) dv_{kj}. \quad (2)$$

неопределенное положение их внутри интервала относительно $v_{kj}^{кр}$, тем меньше вероятность наличия залежи. Это интуитивно ясное положение в данной теоретической схеме прогнозирования получает формальное обоснование.

В рассматриваемой методике оценки вероятностей учитываются ситуации, когда оценки некоторых параметров прогнозных моделей нельзя принципиально получить или когда на начальных шагах поискового процесса их еще нет. В этих случаях при определении параметров плотностей вероятности типа $f(v_{kj}; \Delta v_{kj})$ используются априорные плотности распределения значений параметров $f(y_i)$. Их параметры могут быть выбраны из теоретических соображений или оцениваться по накопленным эмпирическим данным.

Итак, вероятностный характер результатов прогнозирования нефтегазоносности определяется двумя факторами. Первый — это погрешности оценки параметров прогнозных моделей, а второй — отсутствие сведений о значениях отдельных параметров.

Вероятности правильного прогноза наличия и отсутствия залежей для методов прогнозирования определяются аналогично. При этом для каждого показателя реализуемости процесса v_{kj} вычисляются соответственно вероятности того, что оцененное значение параметра будет (не будет) принадлежать допустимому интервалу, если истинное значение принадлежит (не принадлежит) допустимому интервалу.

Технология прогнозирования нефтегазоносности, построенная на основе разработанной теоретической схемы прогнозирования в укрупненном виде, приведена на рисунке. В первом приближении она дает представление о характере и взаимосвязи работ, выполняемых традиционными производственными организациями (нижняя ветвь), и методологических, научных и технических разработок, обеспечивающих их. Схема построена по принципу: исходный материал — операция преобразования — конечный продукт. Вертикальными стрелками условно показаны необходимые для операций преобразования знания, способы, приемы, методы, инструменты и т. д. Схема требует детализации вплоть до выделения работ, выполняемых отдельными профессионалами как в производстве, так и в обеспечивающих сферах.

Анализ теоретической схемы прогнозирования нефтегазоносности

Синтезированная теоретическая схема прогнозирования является универсальной: ею описываются все известные технологии «качественного прогнозирования» нефтегазоно-

сти. Покажем это на примере схемы поисков, используемой в практике поисково-разведочных работ на нефть и газ⁸. Данная схема построена по принципу последовательного выделения объектов (зон нефтегазонакопления, природных резервуаров, ловушек) в области поисков, в качестве которой рассматриваются осадочные бассейны и их части. Объекты выделяются по результатам геолого-геофизических и геохимических исследований. Те части области поисков, с которыми совпадают пространственные границы выделенных объектов, считаются перспективными на нефть и газ и в них проводятся поисковые работы следующей стадии и т. д.

Прогнозирование нефтегазоносности заключается в идентификации объектов по некоторым свойствам и их упорядочении с целью выбора первоочередных объектов для планирования исследований, предусмотренных следующим этапом работ. Упорядочение объектов производится по величине прогнозных ресурсов нефти и газа и степени перспектив нефтегазоносности объектов. Процедура оценки перспектив нефтегазоносности осуществляется в большинстве случаев экспертными методами. Фиксируется только конечный результат (первоочередные объекты в пообъектных планах поисковых работ) и не описываются способы его получения. При оценке перспектив используются процедуры классификации объектов по совокупности показателей (критериев) нефтегазоносности «на возможно продуктивные и непродуктивные». Процедуры классификации выполняются в некоторых случаях формализованными способами, которые реализуются с помощью многочисленных модификаций методов распознавания образов.

Заметим, что при выделении объектов и оценке степени перспектив нефтегазоносности в принципе используется та же логика прогнозирования, что и в рассмотренной выше теоретической схеме. Строятся некоторые прообразы прогнозных параметрических моделей (свойства, по которым выделяются объекты, и показатели нефтегазоносности) и правила прогнозных заключений. Эти действия можно трактовать как попытки построения понятий залежи нефти и газа для прогнозиста.

Таким образом, основные операции прогнозирования в теоретической и практической схемах одинаковы. Эта идентичность определяется совпадением целей прогнозиро-

⁸ См.: Положение об этапах и стадиях геологоразведочных работ на нефть и газ.— М., 1983.

вания. Различия заключаются только в принципах и средствах, используемых при конструировании понятий и способах их применения на практике. Попытаемся же зафиксировать эти различия и обосновать необходимость применения способов, использованных при построении теоретической схемы прогнозирования нефтегазоносности.

Полноту и обоснованность сформулированных принципов синтеза теоретической схемы прогнозирования обсуждать достаточно трудно, так как, например, принципы построения схемы поисков, используемой на практике, не фиксированы. Если считать, что одним из них является отмеченный выше принцип последовательного выделения объектов, то это ничего не дает, поскольку он ничего не говорит о способах конструирования понятий объектов. Фиксация целей разработки понятий объектов (зоны нефтегазоаккумуляции, ловушки и т. д.) — «...выявление закономерностей размещения, условий формирования и научно обоснованного прогноза скоплений нефти и газа»⁹ и требований к ним также не определяет принципов и способов конструирования понятий. Здесь лишь зафиксируем тот момент, что создание системы понятий объектов трактуется как необходимое условие научно обоснованного прогноза нефтегазоносности. Таким образом, отметим еще раз, что суть всех проблем заключается в построении понятий объектов для целей прогнозирования. Покажем, что для этого кроме принципов и способов, изложенных выше, других научно обоснованных подходов нет.

Напомним основные требования к понятиям естественных объектов: должны быть определены набор свойств и правило однозначного выделения объектов. Анализ существующих в литературе понятий геологических объектов позволяет сделать вывод о том, что при определении некоторым неформальным способом объединяются: а) «функция», которую обеспечивает этот объект (например, улавливание и удержание УВ; условия дифференциации, скопления и сохранения УВ); б) свойства, которые установлены эмпирическим путем, в процессе поисков и разведки нефти и газа (сочетание слабо (покрышки, экраны) и хорошо (коллекторы) проницаемых пластов, форма изменения границ этих пластов и т. д.); в) свойства, которые определяются через нефиксируемые представления о явлениях, обеспечивающих соответствующую «функцию» (величины и направления напоров, плотность воды, удельный вес УВ). Для иллюстрации

⁹ Трофимук А. А., Карогодин Ю. Н., Мовшович Э. Б. Методологические вопросы геологии..., с. 4 и др.

приведем определение ловушки углеводородов: «Ловушки УВ — это часть объема резервуара (в отдельных случаях — весь резервуар), характеризующаяся соотношением структуры (формы) и качества слабопроницаемых (или практически непроницаемых) экранов, величинами и направлениями перепада напоров, обеспечивающими улавливание и удержание поступающих в резервуар углеводородов»¹⁰.

Отметим, что все «свойства» считаются стационарными во времени, а это слишком большое допущение. Кроме того, при конструировании понятий не определен способ, по которому выбираются «существенные свойства объекта», т. е. необходимая и достаточная для используемых целей их совокупность, и налицо явное совмещение двух подходов. Ограниченность возможностей эмпирического подхода, который предусматривает накопление и обобщение опытных фактов, очевидна. Набор свойств при этом будет всегда зависеть от имеющейся «статистики», но самое главное — при эмпирическом подходе принципиально невозможно определить способ или правило выбора «существенных свойств». Это обстоятельство говорит о том, что при эмпирическом подходе фиксация объектовывделяющих свойств будет субъективной и возникнут понятия «произвольных объектов и предметов».

Что касается требования однозначного выделения объекта, то оно теоретически может быть выполнено при условии, если: свойства, включаемые в определение понятия, измеримы в определенных шкалах¹¹; установлены предельные (граничные) значения свойств, при которых имеет смысл говорить об объекте (например, максимальное и минимальное значения проницаемости, пористости, напоров и т. д.). Заметим, что граничные значения свойств должны определяться во взаимосвязи друг с другом, что возможно только при рассмотрении условий реализуемости «функций» объекта, т. е. в рамках физико-математической модели соответствующего явления. Однозначность выделения объекта предполагается только теоретически, так как на практике при измерении и оценке свойств возможны ошибки и может отсутствовать информация о некоторых из них.

Главный недостаток подхода, базирующегося на представлениях об явлениях, обеспечивающих соответствующую «функцию», состоит в том, что эти представления не фиксируются даже в содержательных, смысловых моделях. Однако

¹⁰ Трофимук А. А., Карогодин Ю. Н., Мовшович Э. Б. Методологические вопросы геологии..., с. 67.

¹¹ См.: Пфанцгаль И. Теория измерений.— М., 1976.

это перспективный подход, и если его развивать, то в итоге можно получить методику конструирования понятий объектов, принципиально не отличающуюся от использованной при синтезе теоретической схемы.

* *

*

Как показано в цитированной работе¹², понятия «месторождение», «зона нефтегазонакопления» являются «произвольными предметами исследования». К этому классу с полным основанием, исходя из изложенного выше, можно отнести и понятия «залежи нефти и газа» и «ловушка».

Очевидно, что при таком положении дел невозможно получить оценки вероятностей наличия и отсутствия залежей (требование к научно обоснованному прогнозу) и оценить обоснованность прогнозных заключений, так как принципиально нельзя построить критерии оценки результатов прогнозирования, зависящие от качества исходных измерений и полноты используемой информации. Из этого следует актуальная необходимость расширения работ по совершенствованию базовых понятий, используемых при прогнозировании нефтегазонаосности с целью повышения уровня научной обоснованности схемы поисков, применяемой в практике поисково-разведочных работ на нефть и газ, а значит, и их эффективности.

Необходимо проделать работу по построению прогнозных параметрических моделей процессов, приводящих к появлению и сохранению ЗНГ, а также процессов, обусловленных их «существованием». Современный научный уровень познания природных явлений и процессов и построения их моделей, а также накопленные эмпирические факты о них позволяют сделать вывод о принципиальной возможности построения прогнозных параметрических моделей и оценке их адекватности, т. е. о практической реализуемости разработанной теоретической схемы поисков. Применение предложенной схемы имеет кроме практического и научное значение, так как при этом будет реализоваться процесс познания природных явлений. В рамках теоретической схемы прогнозирования решается также проблема «выявления закономерностей размещения и условий формирования залежей нефти и газа», так как она сводится к задаче построения параметрических моделей явлений и процессов. С пози-

¹² См.: Трофимук А. А., Карогодин Ю. Н., Мовшович Э. Б. Методологические вопросы геологии...

ций подхода, использованного при синтезе теоретической схемы, достаточно спорной выглядит ориентация на решение этой проблемы, а также проблемы научно обоснованного прогнозирования в рамках «системно-структурного подхода», трактуемого так, что «предметы исследования» (в данном случае различные иерархические уровни группирования ловушек и залежей) должны отвечать условию системности, т. е. характеризоваться четким заданием набора элементов системы и закона их композиции, связи¹³. По нашему мнению, этот подход вполне применим в случае, если под системой понимать совокупность моделей явлений и процессов в литосфере, выделяемых в определенных целях. Представления о том, что в природе независимо от нас существуют системы природных объектов, причем статичных и неизменяемых, которые могут быть исследованы, недостаточно обоснованы, так как объекты в реальности выделяет субъект в соответствии с целями своей деятельности.

Анализ технологии прогнозирования нефтегазоносности и поискового процесса в целом показывает, что информационное обеспечение должно рассматриваться в широком плане и строиться по принципу обеспечения деятельности всех профессионалов — в производственной и научной сферах. В автоматизированных системах, предназначенных для обслуживания специалистов-поисковиков «геологической информации», по нашему мнению, должны функционировать и развиваться банки: измеренных значений параметров вещественной среды (измерения должны быть метрологически кондиционными) и значений параметров прогнозных моделей, так как должна обеспечиваться возможность их повторного использования. Достаточно полное представление об элементах, структуре, функциях информационного обслуживания деятельности в поисковом процессе можно получить в результате детализации технологии поисков.

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОИСКОВ ЗАЛЕЖЕЙ НЕФТИ И ГАЗА (ПРИНЦИПЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ)

*В. А. ВАНЮШИН, канд. техн. наук,
В. Л. ГОРШТЕЙН, О. Л. КУЗНЕЦОВ, д-р техн. наук,
С. М. ОСТРОВСКИЙ, канд. геол.-мин. наук*

Объектом имитации явился процесс функционирования организации, ведущей поисковые работы. Основная цель имитации процесса поисков заключалась в оценке эффек-

¹³ Там же.

тивности поисковых стратегий. Моделирование использовалось как средство реализации различных поисковых стратегий в одной и той же области поисков (на практике это потребовало бы организации параллельных поисков). Геологические ситуации при поисках моделируются заданием областей поисков с различными параметрами, а имитация вариантов поисковых процессов достигается варьированием характеристик методов поисков и стратегий их применения.

Принципы имитационного моделирования процесса поисков

В качестве методической базы имитационного моделирования использовались методы принятия решений в условиях неопределенности, на основе которых построена экономико-математическая модель поискового процесса, а также разработан подход к вероятностному прогнозированию наличия и отсутствия залежей нефти и газа в плане и разрезе¹. Моделирование на ЭВМ процесса поисков предполагает имитацию области поисков и поискового процесса.

Под областью поисков понимается фиксированная в плане и разрезе часть литосферы, (возможно) содержащая неизвестное количество залежей нефти и газа (объектов поисков). Использовалась иерархическая модель области поисков, включающая в себя объекты нескольких уровней: нефтегазоносные области, зоны (валы) и т. д., число которых может быть произвольным. Для каждого объекта фиксируются следующие параметры: максимальные и минимальные значения кровли и подошвы продуктивных комплексов, мощности перекрывающих отложений, количество продуктивных и непродуктивных площадей, количество продуктивных и непродуктивных объектов с антиклинальными и неантиклинальными ловушками и т. д. Для каждой площади в зоне считаются известными параметры прогнозных моделей процессов нефтегазообразования, формирования ловушек, нефтегазонакопления и формирования локальных (аномальных) вариаций в геофизических и геохимических полях под влиянием залежей нефти и газа. Под прогнозной параметрической моделью объекта (процесса) понимаются теоретические или эмпирические модели, описывающие объекты и процессы на уровне параметров, зная значения которых, можно однозначно судить о наличии (отсутствии) объектов или о реализации процесса.¹

¹ См.: Ванюшин В. А., Горштейн В. Л. Методы теории статистических решений в геологических исследованиях.— М., 1982.

Прогнозная параметрическая модель считается построенной, если определены все параметры и области изменения для каждого из них с указанием допустимых интервалов. Например, процесс нефтегазообразования происходил, если имелись отложения с концентрацией захороненного органического вещества C определенного типа не менее $C_{\text{доп}}$; отложения находились в течение времени $\Delta t \geq \Delta t_{\text{доп}}$ при температуре $T \geq T_{\text{доп}}$ и давлении $P \geq P_{\text{доп}}$. В общем случае границы допустимых интервалов одного параметра могут зависеть от значений другого (например, допустимый интервал времени — от значения температуры). Это усложняет задание параметрической модели, но принципиально важно, что совместное попадание и непопадание значений параметров в допустимые интервалы образует полную группу событий, причем каждое из них может рассматриваться как независимое. Если значения какого-либо параметра находятся вне допустимого интервала, то все такие события означают, что объекта нет или процесс не происходил.

Принципиально возможны теоретический и эмпирический подходы к построению прогнозных параметрических моделей. Модели объектов и процессов, построенные на основе физико-математического моделирования, будем называть теоретическими. Эмпирические модели получают на основе эмпирических фактов. На практике теоретический и эмпирический подходы используются комплексно.

При определении параметров процессов и объектов может учитываться их априорное распределение, задаваемое в виде гистограмм. Если распределение некоторых параметров не задается, то считается, что области возможных значений распределены равномерно. Разработанная программа генерации «области поисков» позволяет отражать геолого-геофизические особенности всей области и отдельных ее частей. Для генерации модели области поисков пользователь должен определить ее структуру, задать параметрические модели для каждого уровня иерархии процессов и объектов и количество объектов каждого класса.

Процесс поисков залежей нефти и газа рассматривается как совокупность поисковых операций (работ), выполненных в области поисков с начального момента t_0 и выполняемых в текущий момент времени t . Результаты поисков во времени представляются в виде зависимости суммарных выявленных запасов Q от времени (t). Конечный результат поисков на каждой отдельной площади — сведения о наличии или отсутствии залежей. Если залежь обнаружена, то эти сведения включают оцененные значения и точность

оценки следующих характеристик и свойств: границы залежи в координатах (x, y, z) , величины запасов и физико-химических свойств газа или нефти.

Для имитации поисковых операций необходимо смоделировать на ЭВМ возможные конечные результаты от реализации каждой из них с учетом характеристик используемых при этом методов. Состав поисковых операций и порядок их реализации определялись по следующей методике. Фиксируем конечную операцию и возможные способы ее реализации, в результате которой достигается конечный результат поисков. Далее фиксируются операции, необходимые для реализации этих способов, и определяются способы их реализации и т. д. Двигаясь по этой цепочке, выявляем всю совокупность поисковых операций и последовательность их реализации. Если для реализации некоторой операции имеется (зафиксировано в знаниях) несколько способов, то получаем соответствующее количество вариантов технологических цепочек, которые назовем возможными стратегиями поисков. Введем также различие способов и методов. Под методом понимается технически реализуемый и удовлетворяющий социокультурным требованиям (социальным, экологическим и т. д.) способ. Каждый метод, кроме своего функционального назначения (реализация соответствующей операции с заданным качеством), задается также техническими устройствами и инструментами, необходимыми ресурсами (в том числе и кадровыми), временем реализации. Два метода считаются разными, если они различаются хотя бы по одной из перечисленных характеристик. Один и тот же способ может быть реализован несколькими методами.

В рассматриваемой модели поискового процесса операции имитируются на уровне реализации их функций, т. е. имитируется получение соответствующего конечного результата (продукта). Выполнение любого метода, реализующего соответствующую операцию, означает, что получен конечный результат с определенным качеством, затратами ресурсов и времени, т. е. предполагается, что технические операции выполняются соответствующими элементами оргструктуры или автоматами (роботами) с соблюдением требований технологических инструкций, норм затрат, производительности (выработки) и времени (фиксируются в плановом задании, исходя из возможностей технических устройств и инструментов, квалификации кадров, геолого-географических условий и т. д.). Следовательно, для имитации поискового процесса достаточно смоделировать возможные конечные результаты операций с учетом характеристик используемых

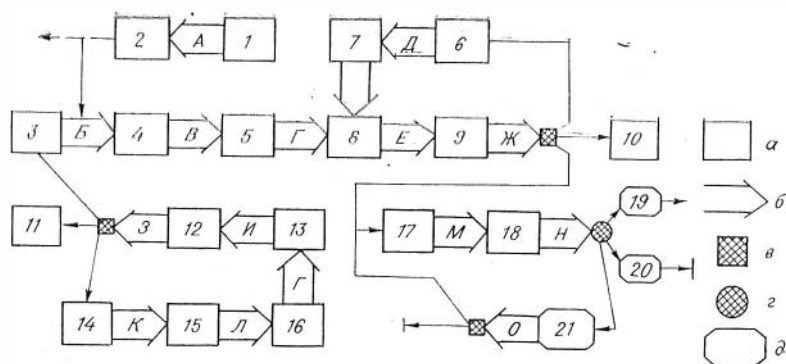


Рис. 1. Операционная схема технологии процесса поисков залежей нефти и газа.

α — входная и выходная информация; β — операции; γ — узлы принятия решений; δ — оценка альтернативных событий; ϵ — возможные события. Операции: А — распределение ресурсов по видам работ; Б — выбор первоочередных объектов, В, Д, Л, М — организационно-техническое проектирование и планирование работ; Г — реализация проекта и плана работ по ГПБ и ГГИ; по обработке и анализу информации; Ж, З — принятие решений о дальнейших работах; И — реализация проекта и плана по обработке и анализу информации; К — выбор первоочередных объектов; Н — реализация проекта и плана работ по прямому опробованию; О — анализ работ по прямому опробованию и принятию решения.

Блоки информации: 1 — ресурсы, выделенные на поисковые работы; 2 — ресурсы по видам работ (ГГИ и ГПБ); 3 — объекты для ГПБ, методы ГПБ и ГГИ; 4 — первоочередные объекты; 5 — проекты и планы работ для: α) ГПБ и ГГИ, β) обработки и анализа информации; 6 — объекты для ГГИ, методы ГГИ; 7 — проекты и планы работ по α) реализации ГГИ, β) обработке и анализу информации; 8 — геолого-геофизическая и геохимическая информация о разрезе; 9 — значения критериев выбора методов исследований; 10 — объекты, исключенные из прямого опробования; 11 — объекты, исключенные из поисковых работ; 12 — значения критериев выбора методов исследования; 13 — геолого-геофизическая и геохимическая информация; 14 — объекты для ГГИ, методы ГГИ; 15 — первоочередные объекты для ГГИ; 16 — проекты и планы работ для α) ГГИ, β) обработки и анализа информации; 17 — объекты для ПО, методы ПО; 18 — проект и план работ по ПО. Возможные события: 19 — продуктивный интервал; 20 — водоносный интервал; 21 — «сухой» интервал.

методов (рис. 1). Рассмотрим способы реализации операций выбора первоочередных объектов и методов их исследования и прогнозирования.

Выбор первоочередных объектов. Рассматриваются способы, предусматривающие реализацию операции прогнозирования и тем самым включающие операцию выбора комплекса методов прогнозирования. Имитация детерминированных способов выбора первоочередных объектов (случайный выбор объектов в плане и поочередное опробование пластов) достаточно проста.

Критерии выбора первоочередных объектов в плане должны соответствовать цели поисков. При формулировании цели для организации, ведущей поисковые работы, необходимо учитывать имеющиеся средства и ресурсы. Нельзя по-

ставить цель — выявить все залежи в области поисков, так как нет безошибочных средств выявления продуктивных пластов (они могут быть пропущены). Может оказаться невыполнимой задача выявления данного количества запасов, так как их может не быть в области поисков или они в плановые сроки имеющимися средствами и ресурсами не могут быть выявлены. Учитывая эти факторы, цель для организации, ведущей поисковые работы, сформулируем следующим образом: в каждый момент времени t поискового процесса при проектировании и планировании поисковых работ необходимо выбирать первоочередные объекты, так чтобы имеющимися средствами и ресурсами выявить максимальное количество запасов (Q) нефти и газа. Следовательно, критерий выбора первоочередных объектов в плане должен учитывать: количество возможных запасов на объекте, вероятность их обнаружения, возможные затраты и время на выявление залежей. Этим требованиям удовлетворяет следующий критерий:

$$R_{iz} \{j\}^* = \max_{\{j\}} \frac{Q_i \{j\} \cdot P_i \{j\}}{Z_i \{j\} \cdot T_i \{j\}}, \quad (1)$$

где Q — прогнозные запасы; $P_i \{j\}$ — вероятность обнаружения залежи на i -м объекте с использованием определенного комплекса методов $\{j\}$; $Z_i \{j\}$, $T_i \{j\}$ — возможные затраты (необязательно выраженные в денежном эквиваленте) и время на реализацию комплекса методов $\{j\}$ на i -м объекте.

При оценке критерия для каждого объекта определяются оптимальный комплекс методов $\{j\}$ и тем самым первая операция, которая должна быть реализована, т. е. для каждого объекта выбирается одна из альтернатив: отказ от поисков, реализация операции прогнозирования или глубокого поискового бурения. Первоочередные объекты выбираются исходя из ресурсов, выделенных на определенный промежуток времени.

При имитации процесса поисков оргструктура считалась фиксированной. Любой вид работ в каждый момент времени реализуется только на одном объекте.

Стратегию поисков, в которой первоочередные объекты выбираются в соответствии с критерием (1), назовем оптимальной. На практике часто используются детерминированные варианты поисковых стратегий. В них жестко фиксируются количество обязательных шагов прогнозирования, правила перехода от одного шага к другому.

Выбор первоочередных объектов для прямого опробования в операции глубокого поискового бурения (поиске в

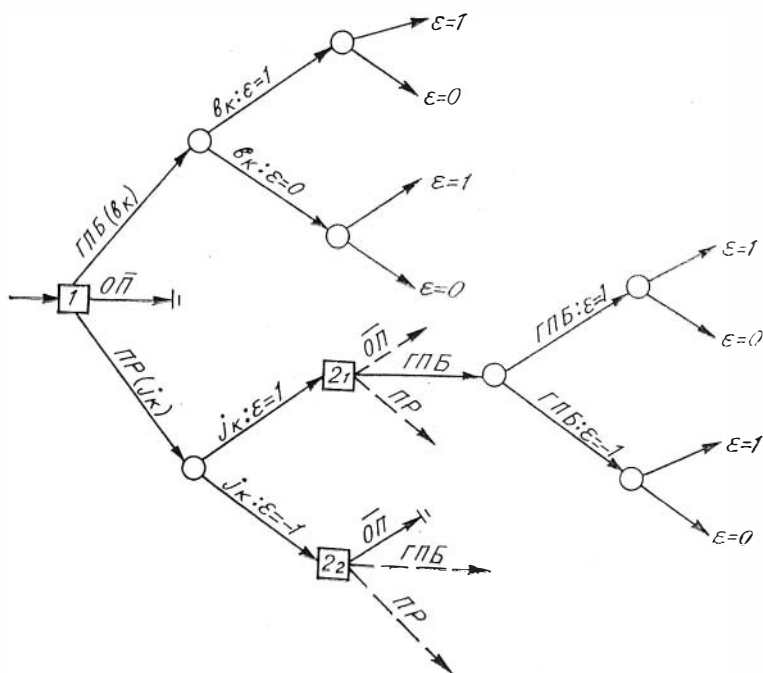


Рис. 2. Диаграмма решений в поисковом процессе.

разреже) сводится к выделению в заданном интервале подынтервалов, которые все должны опробоваться. Порядок опробования определяется технологией используемых методов.

Прогнозирование нефтегазоносности. Конечным результатом операции прогнозирования является оценка вероятности обнаружения залежи, которая используется при вычислении критерия (1) для выбора первоочередных объектов. Рассмотрим типичную ситуацию при выборе методов исследования и их комплексов (рис. 2).

Для альтернативы глубокого поискового бурения (ГПБ) вероятность обнаружения залежи будет равна:

$$\begin{aligned}
 P(\varepsilon = 1/\text{ГПБ}) &= (\varepsilon = 1/\text{ГПБ} : \varepsilon = 1) \cdot P(\text{ГПБ} : \varepsilon = 1) = \\
 &= P(\text{ГПБ} : \varepsilon = 1/\varepsilon = 1) \cdot P(\varepsilon = 1) = P_{11}^{\varepsilon_k} \cdot P(\varepsilon = 1), \quad (2)
 \end{aligned}$$

где $P_{11}^{\varepsilon_k}$ — вероятность обнаружения залежи некоторым методом ε_k глубокого поискового бурения, если она есть;

$P(\varepsilon = 1)$ — вероятность наличия залежи, полученная по результатам предшествующих исследований.

Для альтернативы одношагового прогнозирования вероятность обнаружения залежи равна (при условии, что после первого шага прогнозирования в узлах принятия решений 2_1 и 2_2 выбирается глубокое поисковое бурение):

$$P(\varepsilon = 1/\text{ПР, ГПБ}) = P(\varepsilon = 1/\text{ГПБ} : \varepsilon \text{ и } j_k : \varepsilon = 1) + \\ + P(\varepsilon = 1/\text{ГПБ} : \varepsilon = 1/j_k : \varepsilon = 0),$$

$$P(\varepsilon = 1/\varepsilon_k : \varepsilon = 1 \text{ и } j_k : \varepsilon = 1) = P_{11}^{\varepsilon_k} \cdot P(\varepsilon = 1/j_k : \varepsilon = 1) = \\ = \frac{P_{11}^{\varepsilon_k} \cdot P_{11}^{j_k} \cdot P(\varepsilon = 1)}{P_{11}^{j_k} \cdot P(\varepsilon = 1) + P_{12}^{j_k} \cdot P(\varepsilon = 0)}, \quad (3)$$

$$P(\varepsilon = 1/\varepsilon_k : \varepsilon = 1 \text{ и } j_k : \varepsilon = 0) = P_{11}^{\varepsilon_k} \cdot P(\varepsilon = 1/j_k : \varepsilon = 0) = \\ = \frac{P_{11}^{\varepsilon_k} \cdot P_{21}^{j_k} \cdot P(\varepsilon = 1)}{P_{21}^{j_k} \cdot P(\varepsilon = 1) + P_{22}^{j_k} \cdot P(\varepsilon = 0)}.$$

Выражения для оценки вероятностей обнаружения при произвольном числе шагов прогнозирования приведены в упомянутой выше работе. Как следует из выражений (2, 3), необходимо иметь приемы для получения значений вероятностей наличия залежи ($P(\varepsilon = 1)$) и вероятности правильного прогноза наличия ($P_{11}^{j_k}$) и отсутствия ($P_{22}^{j_k}$) залежей на основе оценок параметров прогнозной модели.

Вводим формальное представление метода прогнозирования. Метод прогнозирования будем считать заданным, если для него определены: правило классификации объектов на возможно нефтегазоносные ($j_k : \varepsilon = 1$) и непродуктивные ($j_k : \varepsilon = 0$); параметры $\{y_l\}_{j_k}$ прогнозной модели, которые он оценивает, и точность этой оценки для каждого параметра $\{\Delta_l\}_{j_k}$ с заданием плотности вероятности $f_l(y_l^{\text{ист}}, \Delta_l)$ распределения для истинного значения параметра в интервале возможных значений ($y_l - \Delta_l, y_l + \Delta_l$); приемы, с помощью которых получают значения вероятностей $P(\varepsilon = 1)$ и $P_{11}^{j_k}, P_{22}^{j_k}$, время и затраты на реализацию с учетом всех необходимых технических операций.

При оценке вероятности $P(\varepsilon = 1)$ имеется следующая ситуация: по результатам проведенных исследований полу-

чены значения $\{y_i\}$ и для каждого из них — плотность вероятности $f_i(y_i^{\text{ист}}, \Delta_i)$. Тогда вероятность $P(\epsilon = 1)$ определяется как произведение вероятностей принадлежности истинного значения допустимому интервалу, получаемых интегрированием плотности $f_i(y_i^{\text{ист}}, \Delta_i)$ по области пересечения интервалов допустимых и возможных значений. Вероятности правильного прогноза наличия (P_{11}^{jk}) и отсутствия (P_{22}^{jk}) залежи определяются аналогично, но для каждого параметра вычисляются соответственно вероятности того, что измеренное значение параметра будет (не будет) принадлежать допустимому интервалу, при условии если истинное значение принадлежит (не принадлежит) допустимому интервалу.

Специальные методы оценки запасов при моделировании не использовались, а процедура оценки запасов имитировалась их вычислением через объем возможной ловушки, умноженной на априорно задаваемый коэффициент.

Результаты имитации стратегий поисков

Цель имитации поискового процесса заключалась в оценке эффективности поисковых стратегий, различающихся способами выбора первоочередных объектов в плане. Мо-

Т а б л и ц а 1

Результаты имитации поискового процесса на ЭВМ

№	Тип стратегии	Процент выявленных запасов	Процент выявленных продуктивных объектов	Процент разбуренных непродуктивных площадей	Время реализации стратегий, мес
1	СП (ГПБ)	100	100	100	5206
2	РГ, ГПБ	100	100	100	5306
3	РГ, СС, ГПБ	86,8	85,2	57,9	3544
4	РГ, ОС, ДС, ГПБ	89,4	81,8	40,9	2788
5	РГ, СС, СБ, ГПБ	89,23	75,0	33,6	2533
6	Оптимальная стратегия	90,46	54,6	19,4	1335

П р и м е ч а н и е. СП — случайный поиск; ГПБ — глубокое поисковое бурение; РГ — региональная геофизика; СС — среднемасштабная сейсмика; ДС — детальная сейсмика; СБ — структурное бурение.

делировались результаты пяти детерминированных и оптимальной стратегий (табл. 1). Сопоставимость (возможность сравнения) результатов обеспечивалась использованием одних и тех же параметров области поисков и методов исследований в каждой стратегии. Если площадь выбиралась для глубокого поискового бурения, то независимо от стратегии реализация этой операции давала один и тот же результат (обнаружение залежи для продуктивной площади и наоборот), т. е. обеспечивалась независимость результатов от методов глубокого поискового бурения.

Затраты и время реализации определялись пропорционально площади для поверхностных и глубине — для скважинных методов.

Для имитации области поиска выбрана 4-уровневая иерархическая структура геологических объектов: 1) региональный элемент (нефтегазоносная область в пределах антеклизы); 2) зональные элементы (валы и погруженные зоны); 3) локальные элементы (ловушки УВ разного типа и участки без ловушек); 4) продуктивные и непродуктивные объекты (залежи и «пустые» ловушки).

Соотношение продуктивных и непродуктивных объектов для антиклинальных и неантиклинальных ловушек в пределах валов и погруженных зон (табл. 2), а также распределение величины площадей по объектам разного типа оценивались на основании опубликованных данных. Остальные параметры объектов и процессов условно распределены рав-

Т а б л и ц а 2

Распределение поисковых площадей по объектам разного типа

Объекты	Валы			Пространство вне валов	Итого
	1	2	3		
Всего	57	53	68	440	618
Продуктивные	12	18	8	50	88
В том числе:					
антиклинальные структуры	10	15	6	5	36
неантиклинальные »	2	3	2	45	52
Непродуктивные	45	35	60	390	530
В том числе					
антиклинальные структуры	18	12	16	15	61
неантиклинальные »	5	5	8	50	68
Площади без ловушек	22	18	36	325	401

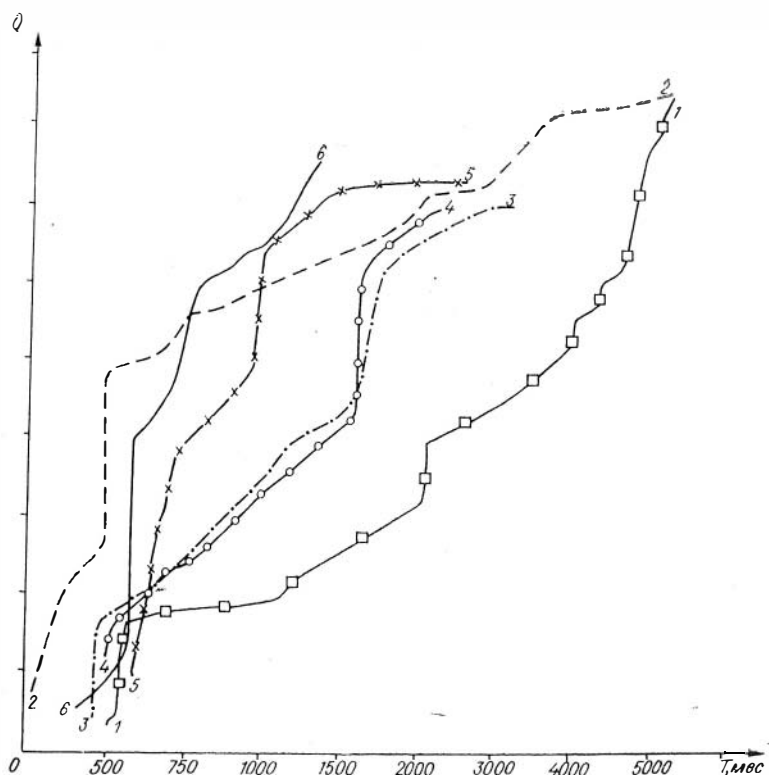


Рис. 3. Динамика прироста запасов нефти и газа для поисковых стратегий.

1—6 — тип стратегии (см. табл. 1).

померно в диапазоне возможных значений. В разрезе область поисков представлена одним продуктивным комплексом, а залежи — однопластовые.

Результаты имитации поисковых стратегий приведены в табл. 1 и на рис. 3. Наиболее эффективной по критерию выявленных запасов оказалась оптимальная стратегия. Это свидетельствует о целесообразности использования разработанных способов выбора первоочередных объектов при проектировании и планировании поисковых работ.

В целом, имитационное моделирование можно считать надежным и удобным средством сравнения различных стратегий и технологий поисков и анализа их эффективности.

ПРОБЛЕМА ИЗОХРОННОСТИ ГРАНИЦ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ТЕЛ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ БАССЕЙНОВ

Я. Р. МЕЛАМЕД, *канд. геол.-мин. наук*

Наличие четко сформулированных правил выделения литостратиграфических подразделений¹, основанных на принципе литмичности осадочных толщ, отличает литмостратиграфию от биостратиграфии и особенно от литостратиграфии. Этим обеспечиваются единообразие подхода к объектам исследований, проверяемость и повторимость результатов.

Приступая к литолого-фациальному и литолого-стратиграфическому анализу, мы почти никогда не можем предугадать, какие именно методы в каждом конкретном случае окажутся более эффективными, и нередко не можем предвидеть результаты исследования, хотя часто получаем очень интересные и важные данные. Значит, строгие правила, регламентирующие исследование, совершенно необходимы литмостратиграфу.

В числе семи правил² выделения, классификации и иерархии литмостратиграфических подразделений, разработанных стереолитологией и используемых литмостратиграфией, два правила, основанные на известных принципах Голловкинского (принцип миграции возрастных границ литмостратиграфических подразделений) и Грессли — Ревенье (принцип фациальных различий разновозрастных толщ), вызывают особый интерес. Именно эти правила в значительной мере регламентируют обособление стратоциклитов, анализ характера соотношений между ними и композицию подразделений различного ранга. Речь идет о правиле 5 ((изохронности) нижней границы стратоциклита) и о правиле 6 ((диахронности) внутренних границ стратоциклитов)³.

Говоря о различных стратиграфиях (био-, лито-, литмостратиграфии), мы отдаем себе отчет в том, что каждая из

¹ К категории литмостратиграфических подразделений относятся стратономиналиты (серии, свиты, пачки и т. п.) и стратоциклиты (породно-слоевые ассоциации, для которых связь во времени является определяющим фактором). В данной статье под литмостратиграфией понимается только стратиграфия, построенная на основе выделения и анализа стратоциклитов, а о стратономиналитах говорится как о литостратиграфических подразделениях.

² См.: Карогодин Ю. Н. Принцип литмичности и его реализация в схеме литмостратиграфии триасовых отложений Енисей-Ленского мегапрогиба. — В кн.: Геология и нефтегазоносность мезозойских седиментационных бассейнов Сибири. Новосибирск, 1983, с. 3—21.

³ Там же, с. 6.

них оперирует геологическими телами, границы которых определяются разными факторами. Границы биостратиграфических подразделений (тел) обусловлены эволюцией во времени биоценозов — вымиранием одних организмов (групп организмов, фаунистических комплексов) и зарождением (или расцветом) других. Литостратиграфия определяет возрастные соотношения между геологическими телами, сменяющими друг друга в разрезе седиментационного бассейна и сложенными различными породами (комплексами пород), отражающими различные фациальные условия осадконакопления. Литостратиграфия же, анализируя структурно-временные соотношения породно-слоевых ассоциаций, порожденных седиментационным процессом, абстрагируется от таких локальных свойств (признаков), как вещественный состав пород, их цвет, фациальная принадлежность и пр., фиксируя лишь один (несколько) из легко и однозначно определяемых признаков, отражающих направленность процесса, его внутреннюю и внешнюю структуру, соотношение и организационную иерархию его фаз и стадий.

Любое геологическое тело независимо от признаков, по которым оно выделено, характеризуется определенными (конечными) параметрами, определяющими размер и форму тел. Размеры, форма и границы геологических тел лимитируются характером и особенностями процесса осадконакопления и обычно являются «врожденными» свойствами (признаками) тел, хотя на эти параметры нередко влияют и постседиментационные процессы — размывы, выжимание пластичных пород и др. Размеры геологических тел всегда изменяются от нуля до некоторой значимой величины. Но хотя нулевые размеры тел могут быть, в принципе, обусловлены различными факторами, среди последних обязательными являются начало и конец процесса.

Ни для одного седиментационного процесса, как и для факторов, порождающих его возникновение, распространение и отмирание на сколько-нибудь заметной площади, нельзя даже теоретически допустить строгой одновременности, изохронности, мгновенности. Иными словами, границы любого осадочного (да, видимо, и не только осадочного) геологического тела не изохронны; они секут хронологические границы и в этом смысле криволинейны. Строго говоря, границы геологических тел криволинейны не только во временном, но и в геометрическом смысле: ни одно тело от точки его появления до точки исчезновения не сохраняет параллельность своих границ.

Все это непременно приводит к выводу о беспочвенности достаточно древней дискуссии об изохронности или диахрон-

ности границ стратиграфических подразделений, которая резко обострилась в период обсуждения проекта Стратиграфического кодекса СССР. Обсуждать можно лишь степень диахронности (изохронности) границ геологических тел. Напрашивается и другой вывод: едва ли имеет смысл обособление двух правил (5-го и 6-го) выделения литостратиграфических подразделений. Лучше было бы выделить правило «криволинейности» границ геологических (в том числе литостратиграфических) тел с двумя подпунктами: об относительно меньшей диахронности нижней границы стратотектонических и об относительно большей диахронности внутренних и верхней границ в стратотектониках.

Вопрос о диахронности верхней границы рассматриваемыми правилами не регламентируется, хотя, на наш взгляд, он заслуживает и упоминания, и специального обоснования, поэтому мы к нему еще вернемся.

Правило диахронности имеет весьма существенное значение и при сопоставлении «достоинств» и «недостатков» различных типов стратиграфий, и в процессе собственно литостратиграфических исследований.

Природа диахронности границ биостратиграфических подразделений обусловлена не только тем, что они оконтуривают тела, содержащие «насыщенные» окаменевшими остатками (или следами) организмов, существовавших (зародившихся, а затем вымерших) в определенный промежуток времени, но и тем, что эти организмы характеризуются приверженностью и к определенному геологическому времени, и к определенной экологической среде, возникающей не везде и далеко не всегда достаточно одновременно. Это, в свою очередь, контролируется трудно учитываемым влиянием таких факторов, как климат, геоморфология седиментационных бассейнов, их петрофонд и фациальные особенности, которые также меняются далеко не одновременно и однозначно в разных районах.

Перечисленные факторы — наряду со степенью дифференцированности геотектонического режима, локализацией, направлением, интенсивностью и устойчивостью тектонических движений во времени и пространстве в пределах седиментационного бассейна и его обрамления, с особенностями денудации питающих провинций и энергии факторов переноса — определяют условия формирования геологических тел, являющихся литостратиграфическими подразделениями, и диахронность их границ.

Обилие факторов, определяющих или по крайней мере влияющих, на обособление биостратиграфических и литостратиграфических тел, при отсутствии жестких четких пра-

вил их выделения «развязывает руки для интенсивного свитотворчества» в деле максимально дробного расчленения разрезов и вместе с тем неуклонно ведет к повышению диахронности выделенных подразделений.

Границы литостратиграфических подразделений, естественно, тоже диахронны, но, будучи относительно независимыми от многих из перечисленных выше факторов обособления геологических тел, характеризуются, благодаря этому, сравнительно меньшей диахронностью. Кроме того, анализ седиментационной цикличности предусматривает изучение не всего многообразия свойств горных пород, а лишь характера изменения по разрезу одного-двух параметров, лучше других отражающих направленность и этапность истории развития региона, и системно-структурных соотношений выделенных таким образом этапов (и вещественной реализации этих этапов — породно-слоевых ассоциаций). Поэтому границы литостратиграфических подразделений являются следами, треками границ между историко-геологическими этапами развития седиментационных процессов. В то же время границы двух стратиграфических подразделений (как и внутренние границы стратоциклитов) имеют фациальную природу.

Следовательно, если на какой-то территории фазы седиментогенеза не совпадают, то границы стратоциклитов непременно отразят эту диахронность. Но только эту! Границы же лито- и биостратиграфических подразделений отразят и эту диахронность, и, кроме того, диахронность, обусловленную разными темпами миграции различных групп организмов, экологических и фациальных факторов и многое другое, причем устанавливаемое с различной степенью достоверности. Поэтому естественно, что у литостратиграфии в этом отношении несомненные преимущества перед другими стратиграфиями. Правда, если в процессе био- и литостратиграфических исследований приобретаются, кроме сведений о возрастном соотношении изученных объектов, данные об эволюции жизни на планете, о палеогеографии, о палеоклиматах и т. п., то литостратиграфия сама по себе, конечно, этого не может дать, но может служить методологической базой анализа цикличности, этапности изменения жизни и (или) отдельных биоценозов, климата и др.

Следует остановиться и еще на одном аспекте правила диахронности в литостратиграфии. Все изложенное выше касается «врожденной», конседиментационной диахронности границ лито-, био- и литостратиграфических подразделений. Но диахронность может быть обусловлена не только

консидиментационными, но и постседиментационными факторами, такими, например, как размыв. Причем размывы могут быть вызваны как денудационными процессами во время перерывов в осадконакоплении, направленными на нивелирование земной поверхности (выравнивание рельефа), так и высокоэнергетичными седиментационными процессами (мощные реки промывают себе дорогу в подстилающих породах), подводными размывами и оползнями. Это касается главным образом только верхних границ подразделений. Здесь закон Дарвина о неполноте стратиграфической летописи проявляется «в полную силу». Практически никогда не бывает, чтобы в результате размыва были уничтожены только одновозрастные горизонты. Как правило, накопившиеся осадки (породы) размываются на разную глубину и молодые породы ложатся с «размывом» на разные горизонты подстилающих пород. В результате мы фиксируем «делитность» — выпадение из разреза той или иной части (именно верхней!) циклита и изыскиваем способы количественной оценки абсолютной величины и степени делитности⁴.

Вероятно, кроме предложенных названными исследователями способов количественной оценки величины делитности, можно определять этот параметр и по величине радиуса кривизны границ геологических, в том числе литостратиграфических, тел. Можно было бы, например, в процессе палинспастических построений, исключив влияние структурного фактора, эмпирически установить радиус кривизны некоторых тел. Следует искать и другие способы оценки этого важного параметра. Количественная оценка величины и степени делитности нужна не только для доказательства диахронности границ литостратиграфических подразделений, но и для решения вопроса о ранге границ между подразделениями и, главное, о ранге самих подразделений.

⁴ См.: Карогодин Ю. Н. Коэффициенты прогрессивности и алитности (делитности) в системном анализе слоевых ассоциаций нефтегазоносных толщ.— В кн.: Геология и нефтегазоносность мезозойских седиментационных бассейнов Сибири. Новосибирск, 1983, с. 166—169; Букреева Г. Ф., Леонтьев В. И. Опыт применения математической статистики в системно-структурном анализе породно-слоевых ассоциаций.— В кн.: Системный подход в геологии (теоретические и прикладные аспекты): Тез. докл. Всесоюз. конференции. М., 1983, с. 157—158; Карогодин Ю. Н., Леонтьев В. И., Букреева Г. Ф. Исследование породно-слоевых ассоциаций неогеновых моласс Ферганской впадины методами системно-структурного и статистических анализов на примере района Теш-Кумыр.— В кн.: Математические методы анализа цикличности в геологии. М., 1984, с. 26—32.

НОВЫЕ МЕТОДЫ ВЫЯВЛЕНИЯ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ ГАЗОВЫХ ЗАЛЕЖЕЙ СЕВЕРА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Ф. З. ХАФИЗОВ, канд. геол.-мин. наук

Энергетической программой страны предусматривается дальнейший рост объема добычи углеводородного сырья, прежде всего природного газа. Для обеспечения ускоренного развития газодобычи необходимо вводить в разработку наиболее крупные и высокопродуктивные залежи. Поэтому особое значение придается развитию газовой промышленности на севере Западной Сибири, и прежде всего ускоренному освоению сеноманского продуктивного комплекса. Поиски, разведка и освоение этих залежей значимы также с позиций развития органической теории происхождения нефти и газа.

Исследователей, занимавшихся вопросами формирования газовых залежей севера Западной Сибири, условно можно разделить на две группы. Геологи первой группы¹ считают, что сеноманский газ образовался вследствие преобразования углистого органического вещества самой усть-тазовской серии. В процессе погружения территории на турон-палеогеновом этапе образовавшиеся углеводороды растворялись в подземных водах. При общем воздымании территории в неогене растворенный газ, переходя в свободное состояние, формировал газовые залежи. Эти исследователи определяют возраст сеноманских залежей как неоген-четвертичный.

Представители второй группы² источником сеноманского газа считают продукты деструкций углеводородов, мигрировавших из юры и мела вверх при разрушении нефтяных залежей, претерпевших сильный катагенез. Аргументы их таковы.

¹ См.: **Нестеров П. П., Кулахметов Н. Х. и др.** Время формирования месторождений газа на севере Западной Сибири.— В кн.: *Время формирования залежей нефти и газа*.— М., 1976, с. 30—35; **Ермаков В. П., Немченко Н. П.** Определение времени формирования газовых залежей сеномана севера Западной Сибири по данным комплексного анализа геологических, геохимических и гидрогеологических показателей.— Там же, с. 108—113; **Великовский А. С., Саввина Я. Д., Темин Л. С.** О происхождении газа месторождений севера Тюменской области.— *Геология нефти и газа*, 1968, № 2, с. 58—60; **Карогдин Ю. Н.** Перспективы нефтегазоносности севера Западной Сибири.— *Тр. СНИИГГиМС*, 1964, вып. 32, с. 89—95.

² См.: **Наливкин В. Д., Сверчков Г. П. и др.** Роль процессов преобразования органического вещества и нефтей в распределении нефтяных и газовых залежей Западной Сибири.— *Геол. нефти и газа*, 1969, № 9, с. 6—12.

Известно, что углистое вещество, даже на низкой ступени метаморфизма, обладает способностью генерировать значительное количество метана. По данным А. Э. Конторовича и других³, уже на буроугольной стадии 1 т углистого вещества может производить до 10 кг метана. Расчеты показывают, что количество углистого вещества в усть-тазовской серии достаточно для генерации количества газа, многократно превышающего сумму свободного, растворенного в воде и сорбированного породой и самим ОВ газа. Так, по расчетам Н. Н. Немченко⁴, общий вес угольного вещества во всей толще усть-тазовской серии превышает 15 трлн. т, которое могло генерировать около 1900 трлн. м³ метана. Несколько процентов этой массы достаточно для формирования известных газовых залежей. Следовательно, главным источником сеноманского газа, состоящего в основном из метана, можно считать углистое вещество, содержащееся в самой усть-тазовской серии. Однако по этой схеме невозможно удовлетворительно объяснить наличие нефтяных оторочек и значительного количества остаточной нефти в большинстве газовых залежей сеномана, так как органическое вещество этих пород не достигло той степени катагенеза, на которой происходит генерация промышленных скоплений жидких углеводородов.

Процесс формирования газовых и газонефтяных залежей сеноманского продуктивного комплекса представляется следующим. При достижении палеозойскими и нижнемезозойскими отложениями главной фазы газообразования началось разрушение нефтяных залежей юры и неокома, сформировавшихся ранее (в главной фазе нефтеобразования) вследствие вытеснения ее поступающим снизу газом. Нефть, теряя легкие фракции, растворявшиеся в вытесняющемся газе, мигрировала вверх по разрезу и в зонах повышенной песчанистости разреза или тектонических разломов достигла кровли усть-тазовской серии, формируя небольшие залежи тяжелой нефти. Одновременно происходила интенсивная генерация углистым веществом усть-тазовской серии метана, который растворялся в водах сеномана. При общем воздымании территории газ, переходя в свободное состояние, накапливался в приподнятых участках ловушек, вытесняя

³ См.: Конторович А. Э., Нестеров И. И. и др. Геология нефти и газа Западной Сибири.— М., 1975.

⁴ См.: Немченко Н. Н. Геологические условия формирования и размещения крупных месторождений газа в альб-сеноманском комплексе Западной Сибири: Автореф. дис. на соискание уч. степени канд. геол.-мин. наук.— М., 1974, с. 9—10.

нефть из большинства ранее образовавшихся залежей. В результате сформировались газонефтяные залежи (Русское, Северо-Комсомольское, Тазовское, Ваньеганское месторождения). В ряде случаев залежи полностью разрушились: вся нефть ушла на создание остаточной нефти в породах. Причем в некоторых залежах нефти было мало и остаточная нефть обнаруживается только на сводах ловушек (Юбилейное, Уренгойское, Заполярное месторождения).

В разрезе Западной Сибири обнаружены многочисленные следы вертикальной миграции углеводородов. На Ватинском месторождении залежи или следы нефти обнаружены почти во всех песчаных пластах от валанжина (пласт БВ₈) до низов апта (АВ₁). Аналогичные явления отмечены на некоторых участках Самотлорского месторождения. В северных районах следы вертикальной миграции выявлены на Уренгойском (южный и северный купола), Северо-Уренгойском (восточный купол) месторождениях. Но наиболее показательны в этом отношении Ваньеганское месторождение, где залежи или следы нефти и газа обнаружены во всей толще — от верхней юры до кровли сеномана. Выявленных залежей в толще континентальных и полуконтинентальных пород, характеризующихся резкой неоднородностью, а следовательно неблагоприятной для латеральной миграции, на этом месторождении около пятидесяти. Особенностью всех этих нефтей является увеличение плотности вверх по разрезу.

Наиболее интенсивное формирование залежей газа имело место в постпалеогеновый этап развития региона, когда произошло существенное снижение пластовых давлений (на 25—30 ат). В результате этого растворимость углеводородных газов в воде также снизилась и во всей 1700-метровой толще начался переход газов в свободное состояние. Преимущественно песчаный разрез и хорошая газогидродинамическая открытость всей толщи вплоть до туронских глин способствовали беспрепятственному подъему пузырьков и струй газа и концентрации его в ловушках под туронской крышкой.

Последующее погружение осадков в четвертичное время и снижение их температуры в результате оледенений создали условия для формирования педонасыщенных газами вод за контурами залежей и в подошвенной их части.

Предложенный палеогидрогеологический метод изучения условий формирования залежей позволяет проследить историю образования сеноманских залежей севера Западной Сибири более детально.

Исследованиями последних лет установлено, что характеристики подземных вод за контуром залежей (свободная вода) и в пределах залежей (связанная вода) не всегда совпадают. Это явление изучено по многочисленным анализам вод, откатых из кернов, отобранных на растворах с нефтяной основой, что исключает проникновение в образцы чуждых вод. Такие образцы отобраны на Самотлорском, Варьеганском, Федоровском, Уренгойском, Ямбургском и других месторождениях из отложений юрского, нижнемелового и верхнемелового возрастов. Практически повсеместно установлено различие минерализации связанных и свободных вод. Нами это явление использовано для изучения истории формирования залежей. Предполагалось, что разница в составе вод формируется в процессе образования залежей потому, что в приподнятых участках ловушек, где в коллекторы поступили углеводороды, обмен вод прекращается и в составе и минерализации их фиксируется состояние, имевшее место перед поступлением углеводородов в ловушку, в то время как за пределами залежи продолжают движение и обмен вод. Это может привести к полной смене подогрешенных и законтурных вод.

Наиболее отчетливо вышеотмеченное явление может быть прослежено на примере массивных залежей, так как сводовая скважина вскрывает залежь на всю высоту и можно изучить свойства вод, зафиксированных в разные моменты формирования залежи. Действительно, скважины на РНО, пробуренные на Уренгойском и Ямбургском месторождениях, показали непостоянство минерализации связанных вод по высоте залежей.

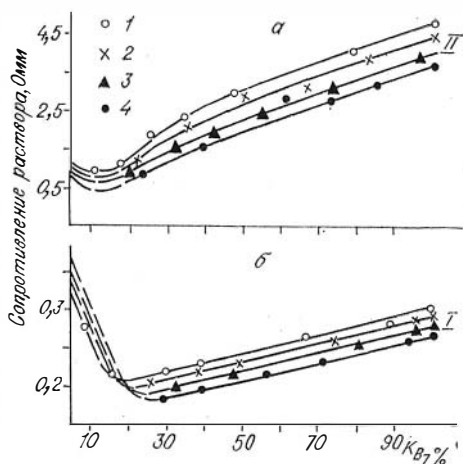
В скважине № 127 Уренгойского месторождения выделяются четыре зоны с существенно различающимися свойствами внутриконтурных вод. В интервале 0—70 м от газодляного контакта минерализация связанной воды составляет 19 г/л. Выше, в интервале 70—110 м от ГВК, содержание солей снижается до 17 г/л. Наиболее резкое снижение минерализации имеет место в интервале 110—150 м от ГВК — 9 г/л. В сводовой части сеноманской залежи содержание солей в связанной воде падает до 6 г/л.

По мнению многих исследователей, последующие порции вод, откачиваемых из более мелких пор осадков, характеризуются повышенной минерализацией. Установлено, что вода в микропорах обладает структурой, отличающейся от структуры свободной воды. Этим обуславливается более высокая растворяющая способность воды в микропорах. Видимо, из-за этого в начальной стадии формирования осадков проис-

Рис. 1. Зависимость удельного сопротивления внутрипорового раствора от водонасыщенности породы (по данным Е. И. Леонтьева).

Сопротивление насыщающего раствора: $\alpha = 5,8$ Омм, $\beta = 0,38$ Омм.

Проницаемость исследованных образцов (мкм²): 1 — 0,65; 2 — 0,31; 3 — 0,12; 4 — 0,06.



ходит «перекачивание» солей из вод крупных пор (воды бассейна осадконакопления) в мелкие поры. При дальнейшем уплотнении осадков вначале отжимается вода из крупных пор, т. е. менее минерализованная. В дальнейшем уплотнение охватывает более мелкие поры, что приводит к повышению содержания солей в отжимасмой воде. При еще большем уплотнении, как отмечает И. П. Нестеров⁵, происходит, наоборот, опреснение вод за счет отжатия межпакетной, кристаллизационной воды. Экспериментально это явление выявлено при изучении химического состава разных порций вод, получаемых при отжатии из образцов (рис. 1).

Косвенное подтверждение наличия отмеченного процесса нами получено при изучении кернов, отобранных при промыске забоя растворами на нефтяной основе. Для этого построена зависимость минерализации вод, отжимаемых из таких кернов, от величины остаточной водонасыщенности. При минерализации законтурной (свободной) воды 22 г/л примерно такую же характеристику имеют образцы с содержанием вод 60—70% от порогового объема. Для пород с меньшим содержанием связанной воды — 60—30% (т. е. тогда, когда доля вод из мелких пор становится сопоставимой и даже большей, чем из крупных пор) — минерализация постепенно повышается и при $K_{в0} = 20—30\%$ достигает 31 г/л. При дальнейшем уменьшении связанной воды минерализация ее вновь падает до 20—25 г/л (рис. 2, а).

Совершенно аналогичные результаты получены при исследовании сопротивления связанных вод, получаемых при

⁵ Нестеров И. П. Критерии прогнозов нефтегазопоспости. — М., 1969, с. 156 (Тр. ЗапСибНИИГН, № 15).

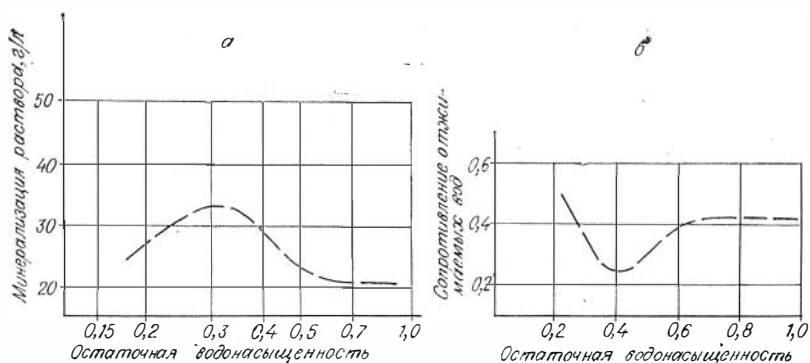


Рис. 2. Зависимость минерализации (а) и сопротивления (б) связанной воды, получаемой при отжатии из образцов, отобранных при бурении на растворах с нефтяной основой, от величины остаточной водонасыщенности.

отжатии из кернов, отобранных при бурении на растворах с нефтяной основой: при величине $K_{во} > 60\%$ сопротивление R_v составляет 0,4 Ом, затем уменьшается до 0,25 Ом, в дальнейшем вновь возрастает до 0,4—0,45 Ом (рис. 2, б).

Нужно отметить, что в естественных условиях изменение минерализации в породах происходит не только за счет «своих» вод, а также — и в значительно большей степени — за счет отжимания вод при уплотнении вод из более прогнутых частей бассейна в зоны разгрузки. Поэтому изменения эти более резкие, чем при исследовании отдельных образцов пород.

Правильность описанной схемы формирования минерализации вод подтверждается еще одним фактом. По всем сеноманским залежам минерализация внутриконтурных вод ниже, чем законтурная. Видимо, на глубинах залегания сеноманских пород идет процесс повышения минерализации вод вследствие отжимания все новых и новых порций из микропор. В неокомских же залежах, наоборот, содержание солей в связанных водах выше, чем в свободных, т. е. в этих отложениях уже идет обратный процесс — опреснение вод. Причем эта разница тем замстисе, чем глубже залегают породы.

Охарактеризованный процесс привел к формированию переменной минерализации связанных вод в сеноманских залежах севера Западной Сибири.

На Уренгойском месторождении достоверно установлена четкая зональность минерализации связанной воды по вы-

соте залежк. Это подтверждается также данными геофизических исследований скважин. В связи с тем, что изменение минерализации связанной воды оказывает противоположное воздействие на сопротивление пород и амплитуду ПС, построена зависимость показателя $\lg \rho_{\text{п}}/\alpha_{\text{пс}}$ от высоты залежи: выделенные по данным лабораторных анализов зоны совпадают по высоте со ступенями изменения геофизического показателя.

На Ямбургском месторождении по данным анализа проб «отжатых» вод выделяются две ступени: в интервале 0—90 м от ГВК — 19 г/л, выше 90 м — 12 г/л. Проверка этих данных по материалам ГИС показала, что выше 140 м выделяется еще одна зона, но она имеет место только в пределах сводовой части залежи, и скважина № 44, в которой отобраны образцы керна на РНО, оказалась за пределами третьей зоны.

Ступенчатый характер изменения минерализации законсервированной внутриконтурной воды позволяет предполагать, что поступление газа в залежь имело прерывистый характер. Свойства законтурных вод, вследствие их движения и обмена, менялись постепенно, и только значительная разница во времени поступления разных порций газа могла привести к ступенчатому изменению свойств связанной воды.

Приведенные данные позволяют предполагать, что в районе Уренгойского и Ямбургского месторождений переход газа из растворенного состояния в свободное имел место несколько раз, причем масштабы восходящих движений в кампанском и датском веках были несравненно меньшими, чем в неогене.

Анализ изменения минерализации связанной воды по высоте залежей показывает, что не везде оно было ступенчатым. Есть залежи, где содержание солей по высоте меняется постепенно, что свидетельствует о длительном и непрерывном поступлении газа в ловушку.

В целом на площади распространения сеноманских залежей можно выделить три зоны. Наиболее резкие изменения минерализации по высоте залежей установлены на Ямальском п-ве (рис. 3, в, г). Здесь между очередными порциями газа имели место значительные временные интервалы. Достаточно четкие ступени установлены в районе Уренгойского и Ямбургского месторождений (рис. 3, а, б). На этих месторождениях, хотя и не так отчетливо как на Ямале, устанавливается дискретность процесса поступления газа в ловушку. Иной характер распределения минерализации свойствен для восточных и юго-восточных площадей

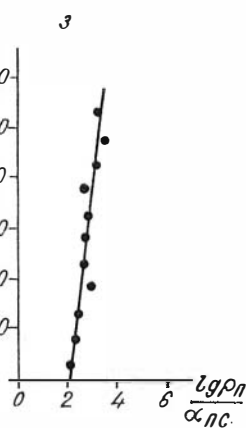
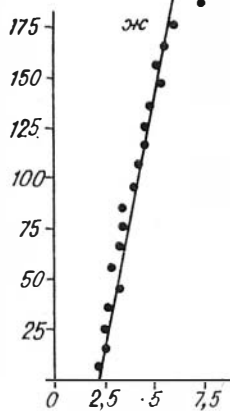
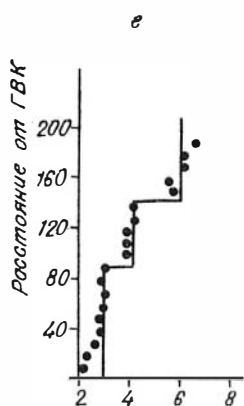
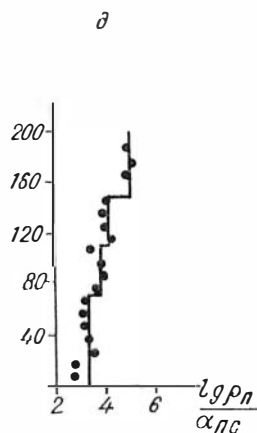
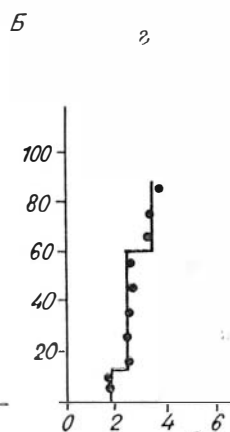
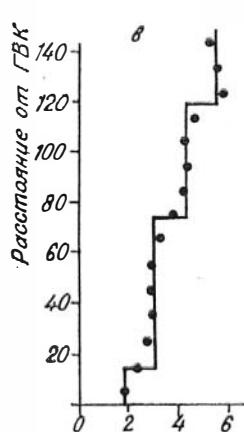
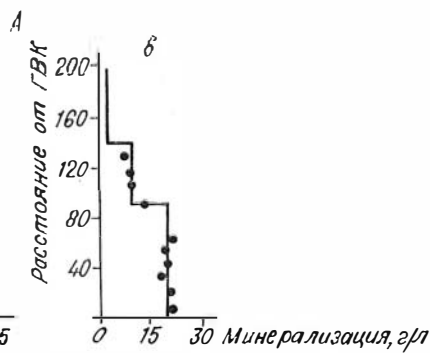
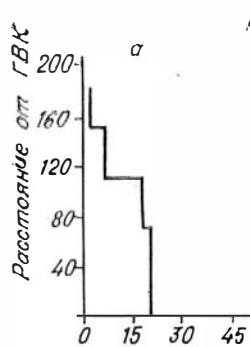


Рис. 3. Изменение минерализации связанных вод и геофизического параметра $\lg \rho_{\text{пл}}/\alpha_{\text{пл}}$ по высоте газовых залежей сеномана северных районов Тюменской области.

А — изменение минерализации.
Месторождения: а — Уренгойское, б — Ямбургское.
Б — изменение геофизического параметра $\lg \rho_{\text{пл}}/\alpha_{\text{пл}}$.

Месторождения: в — Бованенковское, г — Харасавэйское, д — Уренгойское,
е — Ямбургское, жс — Заполярное, з — Губкинское.

(рис. 3, ж, з). На этих площадях не удастся проследить отдельные ступени, хотя минерализация меняется значительно. Это позволяет сделать вывод, что здесь имело место длительное непрерывное поступление газа в залежи.

Изучение газонефтяных и водонефтяных контактов сеноманских залежей позволяет проследить новейшую историю их изменений. По большинству сеноманских залежей установлено четкое изменение уровней ГВК и ВНК. Так, на Ямбургском месторождении ГВК погружается с юго-запада на северо-восток с 1158 м до 1174 м. На Песцово-Еньяхинской части Уренгойского месторождения отмечается наклон с запада на восток с 1188 м до 1204 м. С юга на север погружается ГВК на собственно Уренгойской залежи, на Заполярном и Губкинском месторождениях, а на Тазовском месторождении установлен резкий наклон водонефтяного контакта сеноманской залежи на восток-юго-восток. Примечательно, что изменение статических уровней в сеноманском водоносном комплексе не всегда совпадает с направлением изменения газоводяных и водонефтяных контактов. Так, в районе Песцового, Ень-Яхинского месторождений напоры падают с юга на север, а ГВК погружается на восток. В районе Заполярного, Тазовского месторождений статические уровни изменяются с юго-востока на северо-запад, ГВК же по первому из них падает с юга на север, а по Тазовскому ВНК погружается на восток.

Все эти факты требуют других объяснений формирования наклонных разделов газ — вода и нефть — вода.

Ранее на нефтяных месторождениях Среднего Приобья было установлено, что сильное влияние на этот процесс оказали неотектонические движения⁶. Проверка данного предположения применительно к газовым залежам сеномана показала, что и в таком случае неотектонические движения существенно влияют на формирование наклонных контак-

⁶ См.: Хафизов Ф. З. Роль новейших тектонических движений в изменении положений ВНК залежей нефти Среднего Приобья. — Тюмень, 1972, с. 76—81 (Тр. ЗапСибНИГНИ, № 61).

тов. Практически на всех изученных залежах установлена связь между абсолютной отметкой ГВК и высотной отметкой местности: альтитуды скважин ниже там, где ниже абсолютная отметка ГВК. Факты свидетельствуют о том, что тектонические движения в различных частях структур после формирования залежей были неодинаковыми и погружение или воздымание одних участков опережало такие же движения других. В результате менялось как высотное положение рельефа, так и положение ГВК. Затем парастала тенденция к выравниванию нарушенного равновесия (рельеф и ГВК), но все равно процесс шел в одном направлении, поэтому связь между абсолютными отметками этих поверхностей сохранилась в течение сравнительно длительного времени.

Таким образом, формирование газовых и газонефтяных залежей сеноманских отложений севера Западной Сибири имеет длительную многоэтапную историю. На территории северных районов и в настоящее время отмечается активная тектоническая деятельность. Она и обуславливает формирование наклонных ГВК и ВНК, перетоки газа из одних участков ловушек в другие или из одних ловушек в другие, расположенные выше.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3

Раздел I

Методологические проблемы геологии нефти и газа

<i>Трофимук А. А., акад. АН СССР.</i> Основные проблемы геологии нефти и газа	
<i>Наливкин В. Д., чл.-кор. АН СССР.</i> Методология оценки перспектив нефтегазоносности	15
<i>Хаин В. Е., чл.-кор. АН СССР.</i> Тектонический контроль нефтегазонакопления (методические основы анализа)	23
<i>Сурнов В. С., чл.-кор. АН СССР.</i> Методологические проблемы рифтогенеза и их связь с практикой нефтегазопоисковых работ в Сибири	36
<i>Акрамходжаев А. М., акад. АН УзССР, Киришин А. В., д-р геол.-мин. наук.</i> Роль смежных научных дисциплин в качественной и количественной оценках процессов нефте- и газообразования в недрах	56
<i>Максимов С. П., д-р геол.-мин. наук, Лаврушко И. П., канд. геол.-мин. наук.</i> Методология и проблемы изучения условий формирования залежей нефти и газа	62
<i>Еременко И. А., д-р геол.-мин. наук.</i> О методологических основах развития теории происхождения нефти и газа	71
<i>Доленко Г. И., акад. АН УССР.</i> Методологическая роль теории минерального синтеза нефти и газа в условиях астеносферы мантии Земли	83
<i>Крылов И. А., д-р геол.-мин. наук.</i> Основы долгосрочного планирования геолого-разведочных работ на нефть и газ	94
<i>Мовшович Э. Б., д-р геол.-мин. наук.</i> Методологические предпосылки интенсификации геолого-разведочной деятельности	104
<i>Пецуха Ю. А., канд. геол.-мин. наук.</i> Методологические аспекты исследования генерации и первичной миграции углеводородов при тектонических деформациях нефтепроизводящих пород	120
<i>Кузнецов В. Г., д-р геол.-мин. наук.</i> О направлениях и задачах литологических исследований в геологии нефти и газа	128

Раздел II

Общенаучные и дисциплинарные методы и подходы в геологии нефти и газа

<i>Трофимук А. А., акад. АН СССР, Карогодин Ю. И., д-р геол.-мин. наук.</i> Геология нефти и газа, ее статус, структура и взаимоотношение с другими науками геологии (системный и классификационный аспекты)	137
<i>Соколов Б. А., д-р геол.-мин. наук.</i> Методологические вопросы создания общей теории нефтегазоносности недр	146
<i>Бурлин Ю. К., д-р геол.-мин. наук.</i> Системный подход к исследованию нефтегазообразования	153
<i>Скворцов И. И., канд. геол.-мин. наук.</i> Нефтегазогеологическое районирование с позиций системного историко-геологического подхода	159
<i>Ворожцов В. П., канд. филос. наук, Москаленко А. Т., д-р филос. наук.</i> Методологические проблемы дисциплинарного уровня исследований и их проявление в геологии нефти и газа	170
<i>Князев Н. А., канд. филос. наук.</i> Современные методологические аспекты междисциплинарных исследований	185

<i>Драгунов В. И., канд. геол.-мин. наук. Системный аспект литологических исследований</i>	193
<i>Смирнов Б. И., канд. геол.-мин. наук. Математическое обеспечение системного анализа в геологии</i>	204
<i>Грибова Н. А., канд. геол.-мин. наук, Дилисенко В. Е., канд. геол.-мин. наук, Киричек М. А., канд. геол.-мин. наук, Стадник Е. В., канд. геол.-мин. наук. Системная оценка места комплекса геофизических и геохимических методов прямого поиска залежей нефти и газа в геолого-разведочном процессе</i>	211
<i>Островский С. М., канд. геол.-мин. наук, Островский Б. М., канд. геол.-мин. наук. О системном представлении объектов геолого-разведочных работ на нефть и газ</i>	222
<i>Казанский Ю. П., д-р геол.-мин. наук. Вопросы тождества и различия в седиментологических исследованиях</i>	228
<i>Карогодин Ю. Н., д-р геол.-мин. наук. Принципы организации и основа развития понятийно-терминологической базы нефтяной сейсмолитологии</i>	235
<i>Ведерников Г. В., канд. техн. наук. Диалектика содержания и формы понятий «региональные» и «детальные работы» в сейсморазведке</i>	269

Раздел III

Специальные методы геологии нефти и газа и проблемы их совершенствования

<i>Виношин В. А., канд. техн. наук. Теоретическая схема прогнозирования нефтегазоносности в поисковом процессе</i>	277
<i>Ванюшин В. А., канд. техн. наук, Горштейн В. Л., Кузнецов О. Л., д-р техн. наук, Островский С. М., канд. геол.-мин. наук. Имитационное моделирование процесса поисков залежей нефти и газа (принципы и результаты)</i>	293
<i>Меламед Я. Р., канд. геол.-мин. наук. Проблема изохронности границ геологических тел нефтегазоносных бассейнов</i>	304
<i>Хафизов Ф. З., канд. геол.-мин. наук. Новые методы выявления условий формирования газовых залежей севера Западной Сибири</i>	309

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ГЕОЛОГИИ НЕФТИ И ГАЗА И ИХ СВЯЗЬ С ПРАКТИКОЙ

Утверждено к печати

Институтом геологии и геофизики СО АН СССР

Редактор издательства Ю. П. Бубенков. Художественный редактор С. М. Кудрявцев. Технический редактор А. В. Сурганова. Корректоры В. А. Бирюкова, Н. И. Крохотин.

ИБ № 30334

Сдано в набор 25.06.85. Подписано к печати 10.04.86. МП-01213. Формат 84×108/32. Бумага типографская № 1. Обыкновенная гарнитура. Высокая печать. Усл. печ. л. 16,8. Усл. кр.-отг. 16,8. Уч.-изд. л. 19,2. Тираж 1000 экз. Заказ № 787. Цена 3 р. 20 к.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Наука», Сибирское отделение. 630099, Новосибирск, 99, Советская, 18.

4-я типография издательства «Наука». 630077, Новосибирск, 77, Стапиславского, 25.