

Введение

Географическое положение Московской и Мезенской синеклиз, существующая на северо–востоке европейской части России инфраструктура определяют актуальность освоения имеющихся месторождений нефти и газа в этих регионах.

Известные с 30–х годов нашего столетия нефтегазопроявления допалеозойского комплекса, включающего рифейские и вендские отложения, которые заполняют глубокие и протяженные рифтовые зоны на территории обеих синеклиз, позволяют положительно оценивать перспективы выявления в их пределах скоплений нефти и газа. Основная сложность регионов состоит в чрезвычайно низкой геолого–геофизической изученности. Преобладающий объем проведенных здесь геологоразведочных работ выполнен в 60–70–е годы и не отвечает современным качественной и количественной характеристикам. Принятое в 70–е годы решение о прекращении работ в рассматриваемых регионах в настоящее время должно быть пересмотрено. Тенденция последних лет снижения ресурсной базы углеводородов требует расширения районовнефте–газодобычи.

В то же время в последние годы появились и получили устойчивое развитие принципиально новые геодинамические подходы к оценке нефтегазоносности недр, основанные на анализе геодинамической эволюции регионов. Произошло качественное изменение отношения к древним толщам (рифей и венд), которые ранее безоговорочно относились к разряду бесперспективных. Мировой опыт показал, что с этими образованиями на большинстве древних платформ связаны достаточно многочисленные скопления нефти и газа, в том числе и весьма крупные.

С учетом изложенного выше в настоящей работе сделана попытка количественной оценки ресурсов углеводородов, опирающаяся на анализ геодинамических режимов, среди

которых определены наиболее благоприятные для нефтегазообразования.

Геолого – экономическая оценка количественного прогноза углеводородов позволит наметить и обосновать наиболее перспективные объекты для лицензионных работ, поиски скоплений нефти и газа в пределах которых можно осуществить с минимальными затратами.

Глава 1

ИСТОРИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ РАБОТ В ЦЕНТРАЛЬНЫХ РАЙОНАХ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Геологическое изучение недр центральной части Восточно–Европейской платформы началось более 200 лет назад. Важным итогом исследовательских работ до 1930 г. явилось создание научной базы для проведения в дальнейшем нефтепоисковых работ. Большая заслуга в этом Р. Мурчисона, Г. Траутшольда, Э. Вернаймо, А. Кайзерлинга, А. Карпинского, А. Струве, Е. Люткевича и других ученых.

После открытия в 30–е годы на востоке Восточно–Европейской платформы нефтяных месторождений Чусовские городки и Ишимбаевское А.Н. Розанов, А.Д. Архангельский и И.М. Губкин высказывают предположение о нефтегазоносности Московской синеклизы. Для решения этого вопроса И.М. Губкиным было организовано Бюро палеозоя, которое занималось бурением структурных скважин и магнитометрической съемкой территории.

С 1947 г. с целью оценки нефтегазоносности центральных районов Восточно–Европейской платформы трест “Союзгаз–разведка” проводит поисковое бурение с опробованием ряда объектов на Молоковской, Рыбинской, Букаловской, Даниловской, Любимской, Дьяконовской, Солигаличской, Нейской и других площадях. Полученные данные были обобщены в сводных работах А.А. Бакирова, М.Ф. Мирчинка, Г.М. Люткевича, М.И. Пейсика, Э.Э. Фотиади и др. А.В. Копелиович, Н.С. Шатский, И.Е. Постникова по разрезам скважин выделили додевонские отложения, не известные по выходам на поверхность. Т.Н. Алиховой на базе большого палеонтологического материала

впервые была обоснована стратиграфия ордовикских отложений Московской синеклизы.

В работах В.Г. Васильева, И.В. Высоцкого, И.О. Брода, В.М. Сенюкова, А.А. Бакирова, вышедших в 40–50-е годы, подчеркивается полная геологическая обоснованность поиска нефти и газа в верхнепротерозойских – нижнепалеозойских отложениях в центральной части Восточно–Европейской платформы.

В 1961 г. ГУЦР и ВНИГНИ был составлен проект региональных и геофизических работ по Московской синеклизе на 1961–1965 гг., пробурены Тульская, Шатурская и другие скважины. В 1966 г. В.М. Гардасников и В.Н. Троицкий в центральной части Московской синеклизы по геофизическим данным выделили Средне–Русский авлакоген, который в 1975 г. В.В. Федынский, Б.А. Соколов и другие ученые посчитали аналогом современных рифтовых образований.

В 1965 г. ВНИГНИ, ВНИИГеофизикой и производственными организациями был разработан генеральный план регионального изучения Московской синеклизы на 1966–1970 гг. Были предусмотрены комплекс профилей КМПВ, ГСЗ, МОВ, МГЗ, детальные работы МОВ, бурение 24 параметрических скважин. В составе ГУЦР создается трест "Ярослав–нефтегазразведка". К поискам нефти и газа привлекаются научные организации и институты ВНИИГаз, МГУ, МИНГ и ГП (в настоящее время РГУ НГ) и другие.

Большой вклад в изучение геологического строения и перспектив нефтегазоносности региона своими работами внесли В.И. Алябушев, С.В. Бескровная, И.О. Брод, Н.Б. Вассое–вич, И.В. Высоцкий, А.Н. Золотов, Б.А. Соколов, В.А. Егоров, А.Я. Чагаев, И.Е. Постникова, М.И. Островский и многие другие.

В 1968 г. в среднекембрийских песчаниках в Калининградской области открыто Красноборское месторождение, на Даниловской площади получены первые непромышленные притоки нефти из песчаников редкинской свиты венда, на Урдомской площади отмечались многочисленные нефтегазопроявления в кембрийских и ордовикских отложениях. Особенно возрос интерес к нефтегазоносности верхнепротерозойских – нижнепалеозойских отложений центральных районов Восточно–Европейской платформы после открытия

нефтяных месторождений в разновозрастных отложениях Прибалтики и Сибирской платформы.

Наиболее полно верхнепротерозойский разрез вскрывает пробуренная в 70-х годах Павлово–Посадская скважина. По материалам полевой геофизики выделяется рифтогенная структура (1970 г.), названная Московским авлакогеном.

В 1979 г. создается Гаврилов–Ямский полигон, на котором были пробурены 22 структурные и 5 параметрических скважин, а также велось испытание новой цифровой геофизической аппаратуры.

В настоящее время разработана и осуществляется комплексная программа "Недра России" под руководством профессора Д.Л. Федорова. К работам привлечены коллективы ВНИИЗарубежгеологии, МГУ, ВНИГНИ, ВНИИГаза, ВНИИ–Геофизики, РГУ нефти и газа.

В 1992–1993 гг. в районе г. Москвы было пробурено несколько глубоких скважин, которые вскрыли верхнепротерозойские отложения и фундамент, проведены крупномасштабная геологическая съемка и сейсморазведочные работы.

Проблема нефтегазоносности древних толщ в последние годы все больше интересует специалистов. Ей посвящены работы многих ученых: О.А. Арефьева, О.К. Баженовой, И.В. Высоцкого, Т.В. Владимировой, С.И. Головановой, В.И. Ермолкина, В.А. Егорова, М.Н. Забродиной, Ю.И. Корчагиной, Ю.Т. Кузменко, В.И. Ларина, Е.С. Ларской, А.В. Лобусева, А.А. Петрова, Б.А. Соколова, Д.Л. Федорова и многих других.

Мезенская синеклиза как самостоятельная крупная отрицательная структура впервые была намечена работами Северного геологического управления (Зеккель, 1939; Малахов, 1940). Область максимального погружения фундамента, по их мнению, располагалась в низовьях р. Кулой. На востоке и севере она ограничивается Тиманским и Канинским выступами складчатых сооружений. Е.М. Люткевич (1940) отмечал, что Мезенская синеклиза представляет собой наложенный мезозойский прогиб, не имеющий корней в более древних отложениях. По достоверным геолого–геофизическим данным, основанным на региональных гравиметрических и аэромагнитных исследованиях в комплексе с опорным бурением, Мезенско–Двинскую впадину выделил Э.Э. Фотиади (1958). Это также

подтверждено работами Западного геофизического треста (1967 г.).

Последующие работы позволили уточнить и существенно расширить контуры синеклизы, получить качественную и количественную информацию о глубинах залегания фундамента и фактический материал о литолого-стратиграфическом составе ее осадочного выполнения. Несмотря на это, синеклиза часто объединяется с Московской или Среднерусской (Гафаров, 1963). Подобный подход прослеживается также в трудах А.А. Богданова, М.В. Муратова, Н.В. Неволлина и др.

Имеющиеся данные свидетельствуют о своеобразии особенностей геологического строения и истории развития синеклизы, несмотря на в общем единую зону ее прогибания, протягивающуюся вдоль Балтийского щита.

Опубликованные геолого-геофизические материалы убедительно показывают, что Мезенская синеклиза представляет собой единую, довольно сложную, область прогибания, отделенную от Московской синеклизы Сухонской седловиной.

Первые отрывочные данные о геологическом строении севера Европейской России появились в середине прошлого века. Они содержались в публикациях и отчетах Барбот де Марни, Мурчинсона, позже Ф.Н. Чернышева, Н.Н. Яковлева.

Серьезное систематическое изучение региона началось в 30-е годы. Первые данные о строении, стратиграфии, литологии, магматизме нашли отражения в трудах геологов М.Б. Едемского, Я.Д. Зеккеля, А.А. Малахова, Е.М. Люткевича, Б.В. Милорадовича и других.

Все послевоенные геологоразведочные работы основаны на результатах геологической съемки, проведенной в регионе в довоенные годы, и объяснительных записках к ним. Полученные результаты были уточнены и существенно дополнены в последние годы Мезенской экспедицией НПО "Аэрогеология".

Первые сведения о нефтегазопроявлениях получены в довоенное время, когда в Притиманье в Кельтменском районе в пермских известняках были найдены прослойки, пропитанные нефтью. Для изучения нефтегазоносности палеозоя здесь было начато бурение одновременно с разбуриванием Большепорожской структуры на Среднем Тимане.

Возобновление буровых работ в регионе начато в середине 50-х годов. Первые опорные скважины, сеть которых, по

предложению В.М. Сенюкова, покрывались малоизученные районы страны, были пробурены в районе Котласа, Яренска, Кажима. Они дали первые сведения о разрезе осадочного чехла, его вещественном составе, стратиграфии, коллекторских свойствах. Несмотря на значительные проектные глубины, образования фундамента ими достигнуты не были.

К этому времени относится и начало бурения глубинных поисковых скважин в районе с. Аныб, которые вскрыли вендские отложения.

В конце 60-х годов региональные работы в регионе активизируются. Бурится последняя из опорных скважин (Койнас) и целый ряд параметрических (Лешуконская, Оминская, Пешская, Сафоновская, Усть-Няфта, Уфтыгская, Ценогорская), вскрывших отложения рифея, а также венда (Нижне-Пешская и Усть-Снопинская). Палеозойские и мезозойские образования вскрыты и изучены многими неглубокими картировочными, гидрогеологическими и структурно-поисковыми скважинами, пробуренными в различных участках региона рядом организаций.

В результате проведенных буровых работ было получено общее представление о составе, стратиграфии и петрофизических свойствах, геохимических и гидрогеологических особенностях отложений, слагающих разрез синеклизы. В его составе были достаточно уверенно выделены подразделения фанерозойского и протерозойского зонов.

По результатам бурения наиболее полно были изучены и сопоставлены с сопредельными регионами Московской синеклизы, Приуралья и расположенной в Затиманье Печорской синеклизы отложения мезозоя, перми, карбона, силура-девона. В меньшей степени были изучены венд-кембрийский и рифейский комплексы, прежде всего, из-за весьма ограниченного материала, полученного от далеко друг от друга расположенных скважин, вскрывших более древние комплексы. Освещенность глубоким бурением этих отложений, составляющая 3-6 см/1000 км², региона, примыкающего к центру европейской части России, можно сравнить с освещенностью весьма отдаленных районов Якутии и Чукотки. Поэтому достаточно уверенная корреляция разрезов, литолого-фациальных особенностей, геохимических показателей и коллекторских свойств весьма условна, однако ряд показателей позволяет условно

коррелировать эти толщи с разрезами, известными в районе Тимана и Московской синеклизы.

Геофизические исследования в пределах района проводились с 50-х годов. В основном их проводил Западный геофизический трест (ЗГТ). Наиболее полно территория была охвачена комплексными исследованиями в 1966–1975 гг. благодаря осуществлению Генпланом геологоразведочных работ на нефть и газ в Центральных и Северных районах европейской части б. СССР. В этот период были осуществлены аэромагнитные и гравиметрические исследования на всей территории синеклизы и Тимана, составлены карты аномалий, приведена их интерпретация. На отдельных участках Тиманского кряжа были выполнены высокоточные аэромагнитные исследования.

В первой половине 60-х годов в пределах синеклизы осуществлены электроразведочные работы различных модификаций, главной целью которых было изучение рельефа фундамента.

Региональные сейсмические исследования проводились ЗГТ начиная с 1962 г. Основной их объем был осуществлен в соответствии с Генпланом в 1966–1975 гг. Сетью профилей КМПВ общей протяженностью 3690 км была охвачена территория большей части синеклизы. Восемь региональных профилей пересекли главные ее тектонические элементы по сети с расстоянием между отдельными профилями около 100 км.

В соответствии с Генпланом в этот же период начаты региональные, поисковые и детальные сейсмические исследования МОВ. Региональные профили на первом этапе осуществлялись речным вариантом МОВ по крупнейшим рекам, пересекающим синеклизу вдоль и вкrest простирания основных структур. Профильные работы МОВ проведены в меньшем масштабе, тем не менее общий объем региональных и поисковых работ этим методом составил около 5000 км.

Для оконтуривания выявленных структур и подготовки их к поисковому бурению были проведены в небольшом масштабе детальные площадные исследования общей протяженностью 4200 км.

В результате сейсмических исследований было выявлено по профилям 70 положительных структурных перегибов. Детальные сейсмические исследования позволили в это время подготовить к глубокому бурению 12 локальных структур площадью 1200 км².

К 1975 г. в северной части Лешуконского прогиба отработано 527 км МОГТ. При этом провели ВСП и сейсмокаротаж 10 параметрических и поисковых скважин. Итогом геолого–геофизических работ, в соответствии с Госпланом, явилось получение данных о рельефе фундамента, строении осадочного чехла и его нефтегазоносности.

Впервые данные о глубинах залегания фундамента в пределах Мезенской синеклизы были обобщены и представлены в конце 50–х – начале 60–х годов в работах Гафарова, Розницына, Дедеева, Фотиади и других. В основу этих работ были положены данные ЗГТ.

На составленной карте рельефа поверхности фундамента и схеме тектоно–петрофизического районирования севера Русской плиты были выделены архейские, карельские и байкальские складчатые системы, срединные массивы и разделяющие их швы и глубинные разломы.

Уже этот этап позволил наметить крупнейшие положительные и отрицательные структуры фундамента синеклизы: Лешуконский и Сафоновский прогибы, Кулойский, Тылугский, Ветряного Пояса, Архангельский выступы, Мезенско–Вашкинскую зону поднятий, а также осложняющие их более мелкие структуры.

Основу современных представлений о строении фундамента и осадочного чехла синеклизы заложили проведенные ЗГТ в 1966–1975 гг. сейсмические исследования в комплексе с параметрическим бурением, а также частичная их переинтерпретация.

Размещение региональных профилей КМПВ на этом этапе было осуществлено на базе уже имеющейся основы, полученной в результате интерпретации магнито– и гравиметрических данных, первых сейсмических исследований.

Несмотря на несовершенство проводимых в 60–70–х годах исследований, полученные результаты в принципе достаточно точно отражают строение территории. Это подтверждается результатами буровых работ. Однозначно было подтверждено наличие крупных прогибов бурением Лешуконской, Усть–Няфтинской, Н. Пешской, Сафоновской и Койнасской скважин и крупных приподнятых зон фундамента в районе скважин Уфтюга и Ценогорская.

Достаточно представительная карта рельефа фундамента была построена на базе комплексной интерпретации данных КМПВ и других геофизических параметров с использованием

их статистического анализа с целью прогноза глубин архейского фундамента и поверхности рифейского комплекса в Притиманье. Эта методика позволила существенно преодолеть недостаток данных КМПВ, полученных по сети 100×100 км, рассчитав их в прогнозных точках по сети 10×10 км. Благодаря этому, все выделенные тектонические элементы подтверждены данными КМПВ.

Мощность осадочного выполнения Мезенской синеклизы, согласно этим исследованиям, составляет от 1–1,5 км в пределах крупных поднятий до 4,5–5 км в прогибах. Данные исследований, проведенных в последние годы [109], указывают на значительно большие глубины.

Бурением и изучением чехла сейсморазведкой МОВ установлено, что его разрез по петрофизическим данным подразделяется на три специфических комплекса:

1. Верхний терригенный в составе мезо – кайнозойских и позднепермских отложений.

2. Средний карбонатный, включающий каменноугольные и раннепермские отложения.

3. Нижний терригенный, в составе девонских, силурийских (?), венд – кембрийских и рифейских образований.

На основании анализа данных МОВ, ВСП и СК, небольшого объема МОГТ были получены общие представления о характере волнового поля в пределах синеклизы.

Строение верхнего терригенного комплекса характеризуется отражающими горизонтами 3 и 4, приуроченными к пермским отложениям.

Средний карбонатный комплекс, сравнительно небольшой мощности, характеризуется отражающими горизонтами 5 и 7, приуроченными соответственно к его кровле и подошве.

В составе нижнего терригенного комплекса выделяются три весьма различающиеся толщи, из которых верхняя силур – девонская выделяется только в Пешском прогибе, венд – кембрийская – на всей территории синеклизы, а нижняя, рифейская достаточно уверенно прослеживается в Лешуконском и Пинежском прогибах, выклиниваясь в сторону приподнятых зон Уфтыгского горста и Мезенско – Вашкинской зоны поднятий, где отсутствие или присутствие небольшого по мощности разреза доказано бурением.

Силур–девонская толща в составе нижнего терригенного комплекса характеризуется отражающим горизонтом 10, который достаточно уверенно прослеживается на большей части Пешского прогиба, особенно в его западных участках.

Венд–кембрийский комплекс характеризуется отражающим горизонтом 7, который приурочен к его поверхности, а также интенсивно выделяющимся у его подошвы горизонтом К. Имеющиеся данные позволяют отождествлять поверхность горизонта с поверхностью регионального несогласия между венд–кембрийским и рифейским комплексами.

Этот горизонт уверенно прослеживается в пределах Лешуконского и Пинежского прогибов, захватывая смежные зоны поднятий, однако в Сафоновском и Пешском прогибах в Притиманье он практически не следится, что связано с изменением плотностных свойств разреза.

Особенности морфологии эродированной поверхности рифея характеризует горизонт К. Внутренняя структура комплекса, существенно отличающаяся по условиям залегания от вышележащих, характеризуется отражающими горизонтами группы L. Наиболее четко эта группа прослеживается в Лешуконском и Пинежском прогибах, выклиниваясь в ее прибортовых участках. Нехватка исследований МОГТ не позволяет провести региональную увязку этой группы отражающих горизонтов, но вполне осуществима по мере проведения этих работ.

Чтобы обеспечить возможность изучения осадочного чехла на полную мощность, прежде всего необходимо провести опытно–методические работы МОГТ в Притиманских районах синеклизы, увязать их с новыми, дополнительно проведенными региональными профилями МОГТ и провести их комплексную интерпретацию с магнито– и гравиметрическими данными с использованием многомерного статистического анализа.

Таким образом, проведенные в 1966–1975 гг. геолого–геофизические работы в целом обеспечили выполнение задачи, поставленной на региональной стадии. Использование полученных данных позволяет осуществить постановку качественно новых задач поискового этапа по выявлению и детализации перспективных на нефть и газ объектов в пределах региона, которые следует провести на следующем этапе освоения нефтегазовых ресурсов Мезенской синеклизы.

Тем не менее территория Мезенской синеклизы на сегодня характеризуется самой низкой изученностью в европейской части России. Из 13 пробуренных глубоких скважин только 7 вскрыли наиболее перспективный в нефтегазоносном отношении рифейский комплекс на небольшую мощность. Объем глубокого бурения составил 37,2 тыс. м, из которых 34,5 тыс. м – параметрическое. При этом рифейские отложения освещены с плотностью 0,028 м/км², а вендские – 0,06 м/км². Современные сейсмические исследования МОГТ составили всего 527 км.

К серьезным недостаткам, допущенным при проведении буровых работ, следует отнести некачественное испытание большинства из выделенных объектов. Последнее проводилось и в случае использования испытателей пластов на трубах и каротажном кабеле, обычно после окончания бурения ствола скважины. Поэтому нет ничего удивительного в том, что ни в одном из испытаний не получено пластовых флюидов, за исключением фильтрата бурового раствора.

Тем не менее проведенные буровые работы сыграли свою роль в изучении региона. Они позволили стратифицировать разрез, определить естественные физические характеристики разреза, его литологию, получить данные о региональных толщах коллекторов и покрышек, геохимической характеристике отложений венда и рифея и стать основой для современного прогноза нефтегазоносности различных зон Мезенской синеклизы.

Глава 2

КРАТКИЙ ОЧЕРК ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ

Территория Московской и Мезенской синеклиз, иногда объединяемых в единую систему, к настоящему времени покрыта относительно редкой сетью региональных сейсмических профилей. Осадочный чехол вскрыт также редко расположенными по площади опорными, параметрическими и поисковыми скважинами. Проведенным комплексом исследований установлено, что как в Московской, так и в Мезенской синеклизе разрез осадочного чехла имеет много принципиально общих черт.

На дорифтовом фундаменте залегают несколько своеобразных литолого – стратиграфических комплексов, различающихся условиями образования, залегания и распределения по площади. Формирование каждого из них начиналось после долгих континентальных перерывов, которые длились нередко десятки и сотни миллионов лет.

Каждый из выделяющихся комплексов: синрифтовый, синеклизный и плитный – характеризуются определенными закономерностями в особенностях накопления, геодинамической эволюции, участия в процессе создания нефтегазового потенциала.

Несмотря на имеющееся сходство, особенно верхней части осадочного накопления бассейнов, есть и существенные различия, которые присущи наиболее древнему синрифтовому рифейскому комплексу. Это связано, главным образом, с весьма малой изученностью этого комплекса, который, вероятно, играл основную роль в формировании нефтегазового потенциала обоих регионов.

2.1. МОСКОВСКАЯ СИНЕКЛИЗА

Территория синеклизы располагается между Балтийским щитом на севере и системой крупных поднятий, входящих, по

Н.С. Шатскому, в Сарматский щит, крупнейшими из которых являются Белорусская, Воронежская и Волго–Уральская антеклизы.

В центральных районах синеклизы фанерозойский этаж разреза погружен до глубин 3,0–3,5 км.

Фундамент полого погружается к центру синеклизы, где в нем сформирована протяженная рифтовая система, протягивающаяся с юго–запада на северо–восток от Днепровско–Припятской впадины до Тимана в виде отдельных колен, смещенных крупными разломами в поперечном направлении. Среди них выделяются Валдайский, Солигаличско–Рослятинский и Котласский, продолжающийся уже в Мезенской синеклизе.

Почти перпендикулярно этой системе в различных районах Московской синеклизы отмечаются рифтовые зоны северо–западного простирания. Это Пачелмский, Подмосковский, Вологодский рифты, а также рифтогены Мезенской синеклизы.

Разрез Московской синеклизы, как было отмечено, представлен дорифтовым фундаментом, синрифтовым, синеклизным и плитным комплексами.

2.1.1. ЛИТОЛОГО-СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЗРЕЗА

Осадочный чехол Московской синеклизы, как и всей Восточно–Европейской или Русской платформы, подразделяется на три комплекса: синрифтовый (авлакогенный), синеклизный и плитный. Внутри каждого из них выделяются структурные этажи и ярусы, определенные особенностями тектонического развития отдельных структур региона. Каждый из этих комплексов и выделяемые в них ярусы характеризуются общностью слагающих его формаций, отраженной их литологическим составом. Каждый из этажей и ярусов определяется стратиграфическими перерывами и связанными с ними размывами, что позволяет рассматривать их в качестве историко–геологических и литолого–стратиграфических единиц.

ДОРИФТОВЫЙ ФУНДАМЕНТ: АРХЕЙ – ПРОТЕРОЗОЙ (А + PR)

Фундамент Московской синеклизы сформировался в течение архея – протерозоя. Блоки литосферы, из которых

он состоит, имеют различный состав и возраст. Среднерусская рифтовая система разделяет Карельский и Волго–Уральский блоки, из которых частично в среднем рифе был сформирован Восточно–Европейский континент.

Породы дорифейского фундамента слабо изучены глубоким бурением.

Скважинами вскрыт разрез, редко превышающий первые десятки метров. Максимально эти образования вскрыты в скв. 5 Любимской площади. Пройдя 120 м по породам фундамента, эта скважина вскрыла биотитовые и биотит–плагиоклазовые гнейсы и катаклазиты. Они интенсивно переработаны процессами динамометаморфизма и гидротермального воздействия, которые способствовали образованию катаклазированных участков, интенсивному окварцеванию пород. Кварцевые прожилки, возникшие в результате этого, содержат сульфиды железа и молибдена. Сильной метасоматической переработке подверглись многие первичные минералы. В результате этого амфиболы и полевые шпаты часто замещены вторичными минералами. Поднятый из скважин керн содержит эпигенетические трещины, выполненные минералами гидротермального генезиса: пиритом, серицитом, хлоритом. Подобные ассоциации характерны для приразломных зон, которые по геофизическим данным выделяются в районе Любимской площади.

Дорифейский фундамент вскрыт скважинами на площадях Бойни (Москва), Поварово, Пестово, Максатиха, Переславль, Решма, Редкино, Пошехонье, Крестцы, Дьяконово и др. Вскрытые в них образования достаточно условно отнесены по возрасту к архею – нижнему протерозою. По составу эти образования чаще всего представлены биотит–кордиеритовыми сланцами, гранат–биотитовыми плагиогнейсами, амфиболитами, биотит–микроклин–плагиоклазовыми гранито–гнейсами, микроклиновыми гранат–плагиоклазами, мигматитами, биотитовыми, амфибол–биотитовыми и пироксен–биотитовыми гнейсами.

Отнесены к фундаменту и доломитовые мраморы, вскрытые в скв. 2 (Рыбинск) в интервале 1992–2813 м. Состав и степень метаморфизма позволяют сопоставить их с верхней частью ятулия Карелии.

Представления о внутренней структуре фундамента основаны на интерпретации геофизической информации. Анализируя данные различных исследователей, трудно

выявить определенные закономерности в сложной мозаичной картине геофизических показателей. С уверенностью можно утверждать, что основные структуры фундамента имеют северо–восточную ориентировку, хотя существуют и ортогональные им системы простираций геофизических аномалий.

С момента формирования единого гетерогенного фундамента до начала образования рифейских рифтогенов на территории древнего Восточно–Европейского континента отмечен крупный континентальный перерыв длительностью 100–250 млн. лет. Шовные зоны, возникшие на участках столкновения континентальных литосферных глыб, и неровности дорифейского рельефа были пенеценизированы активно протекавшими экзогенными процессами. В результате выветривания в ряде мест накопились коры выветривания, мощность которых меняется от 1–5 до 30 м.

СИНРИФТОВЫЙ (АВЛАКОГЕННЫЙ) КОМПЛЕКС

Образование рифтовых систем продолжалось в пределах Восточно–Европейского континента более 700 млн. лет (1600–850 млн. лет)

Рифейская эратема

Рифтогенез в раннем и позднем рифее охватил краевые участки кратона. На территории рассматриваемого региона начало рифтогенеза датируется на некоторых участках, тяготеющих к западу и востоку, этим временем. Это, главным образом, Московский и Пачелмский авлакогены, а также Уральско–Тиманская и Карпатская континентальные окраины.

Среднерифейским возрастом датируется Крестецкая свита рифея, выделенная А.Н. Гейслером на одноименной площади, расположенной на западе Валдайского авлакогена. Абсолютный возраст вулканогенных пород, участвующих в ее строении, определен в 1180 млн. лет, что и позволило отнести эту толщу к среднему рифею.

Формирование Валдайского и Среднерусского авлакогенов согласно анализу рифейских образований Пачелмского, Московского, Рослятинского и Солигаличского авлакогенов датируется поздним рифеем.

Тектонический режим этого времени обладал рядом специфических особенностей. Он характеризовался

устойчивым и интенсивным прогибанием, на что указывают однообразие осадков рифейских образований, накопившихся в рифтовых зонах, и их значительные мощности, достигающие нескольких километров.

Наиболее полные разрезы рифейских образований вскрыты на Солигаличской и Рослятинской площадях скважинами, пробуренными в осевой зоне рифта. Образования рифея представлены терригенными породами кварц–полевошпатового состава, особенностью которых является малая степень окатанности обломочного материала, указывающая на близость ис –

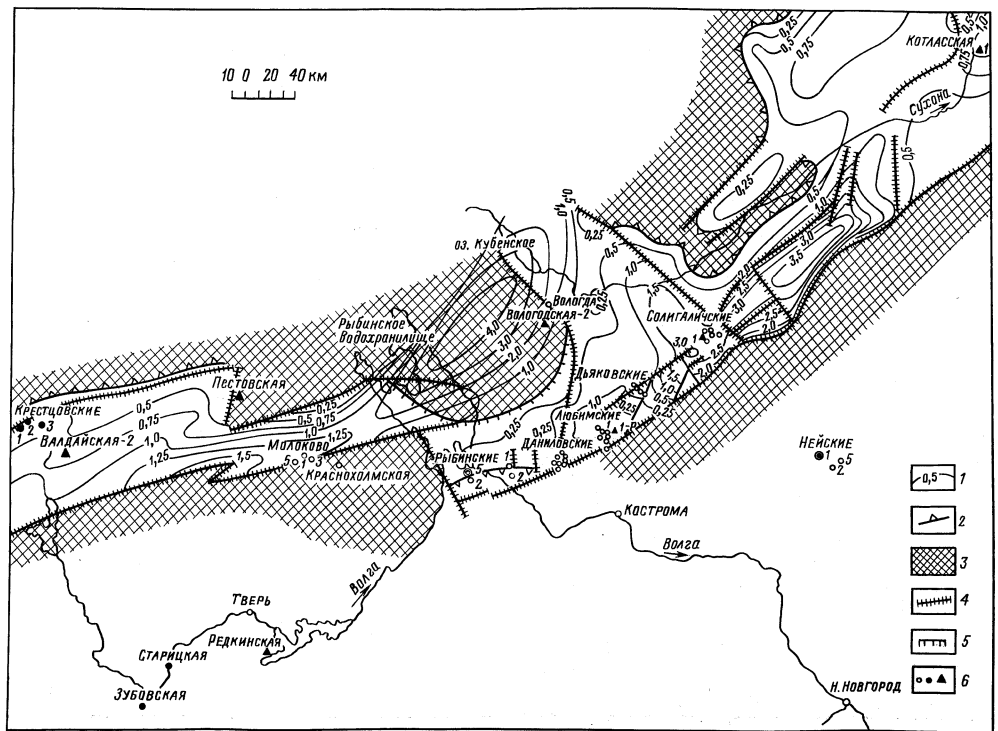


Рис. 1. Московская синеклиза.

Схематическая карта мощностей рифейского комплекса (1993 г.):

- 1 — изопахиты рифейского комплекса,
- 2 — линия выклинивания рифейского комплекса,
- 3 — область отсутствия рифейского комплекса,
- 4 — разломы, 5 — надвиги, 6 — скважины (со — ответственно поисково — разведочные, параметрические, опорные)

точников сноса. Ими, вероятно, являются прибортовые участки рифтовых зон. Окраска пород различна. В большей части разреза преобладают породы, окрашенные в зеленовато-серые тона, среди которых отличаются прослои пород с пестроцветной и коричневатой-розоватой до красной окраской.

На Любимской и Даниловской площадях рифейские образования представлены песчаниками и алевритами розовато-коричневыми кварц-полевошпатовыми мелко- и среднезернистыми, на глинистом цементе. Обломочный материал имеет угловато-окатанную форму, что сближает его с верхними горизонтами восточной части рифта.

В Бобровской и Велико-Устюгской скважинах, располагающихся на востоке, разрез рифтового рифейского комплекса начинается со средней части разреза, вскрытого на Рослятинской и Солигаличской площадях. Синрифтовый комплекс встречается исключительно в пределах авлакогенов (рис. 1). Возраст его датируется поздним рифеем (акритархи, катаграфии). Условия залегания, вариации мощности затрудняют корреляцию этой толщи, так как имеющихся данных бурения в настоящее время явно недостаточно.

Отложения рифея компенсируют полностью рифтовые прогибы. Имеющиеся данные позволяют судить о довольно сложных условиях залегания рифейских образований. В их структурах значительное место, видимо, занимают разрывные нарушения сбросо-взбросового характера. Благодаря им в верхнем этаже этой толщи нередко отмечены крупные поднятия (горсты) в районе Молоковской, Любимской, Дьяконовской и Рослятинской площадей. Их образование связано с уже пострифтовыми тектоническими движениями, которые последовали за эпохой растяжения.

Полная мощность рифтового рифейского комплекса в осевой части рифтовых зон бурением не установлена. Скважинами вскрыта верхняя ее часть на глубину свыше 2 км. По геофизическим данным мощность комплекса может достигать 3,0–5,5 км. При этом глубины основания комплекса составляют 5,0–5,5 км (см. рис. 1).

СИНЕКЛИЗНЫЙ КОМПЛЕКС

Венд – ранний палеозой (V–PZ₁)

Накопление венд – раннепалеозойского комплекса проходило 610–400 млн. лет назад. В геологической истории

оно соответствует позднебайкальско – каледонскому этапу тектогенеза.

Тектонические движения венда и начала палеозойской эры существенно отличаются от движений, характерных для рифея. На большей части Восточно – Европейской платформы образовались пологие в обширные изометрические впадины, тяготеющие к сформированным ранее рифтовым зонам.

Этот комплекс включает вендские, кембрийские и ордовикские отложения. Силурийские отложения в течение преддевонского перерыва, по – видимому, оказались полностью размытыми.

Вендская система V

Вендский комплекс, залегая с размывом на отложениях рифея и фундамента, подразделяется на пачелмскую, волинскую и валдайскую серии. Распределение мощностей комплекса существенно отличается от распределения подстилающих его образований рифея (рис. 2).

Пачелмская и волинская серии относятся к нижнему отделу венда, валдайская – к верхнему.

Пачелмская и волинская серии вскрыты в Рослятинской, Бобровской и других скважинах, пробуренных в восточной части Солигаличского авлакогена. Это отложения сравнительно небольшой мощности, сохранившиеся от размыва главным образом в области рифтовых структур. В их разрезе различными авторами выделяется несколько свит местного названия (путиловская, обнорская, рослятинская, литоминская). Они представлены темно – серыми, почти черными аргиллитами и алевролитами с прослоями зеленоватых песчаников в нижней части, которые вверх по разрезу сменяются красноцветными слюдистыми песчаниками полевошпат – кварцевого состава с прослоями пестроцветных алевролитов и аргиллитов.

Волинские образования, выделенные в данном районе как литоминская свита, представлены песчаниками серыми и темно – коричневыми полевошпат – кварцевыми, в верхней части которых на востоке появляются прослой алевролитов и аргиллитов.

Нижневендские образования встречаются обычно в районе авлакогенови на обрамляющих их участках синеклизы.

Валдайская серия распространена значительно шире отложений нижнего венда. Она залегают трансгрессивно на

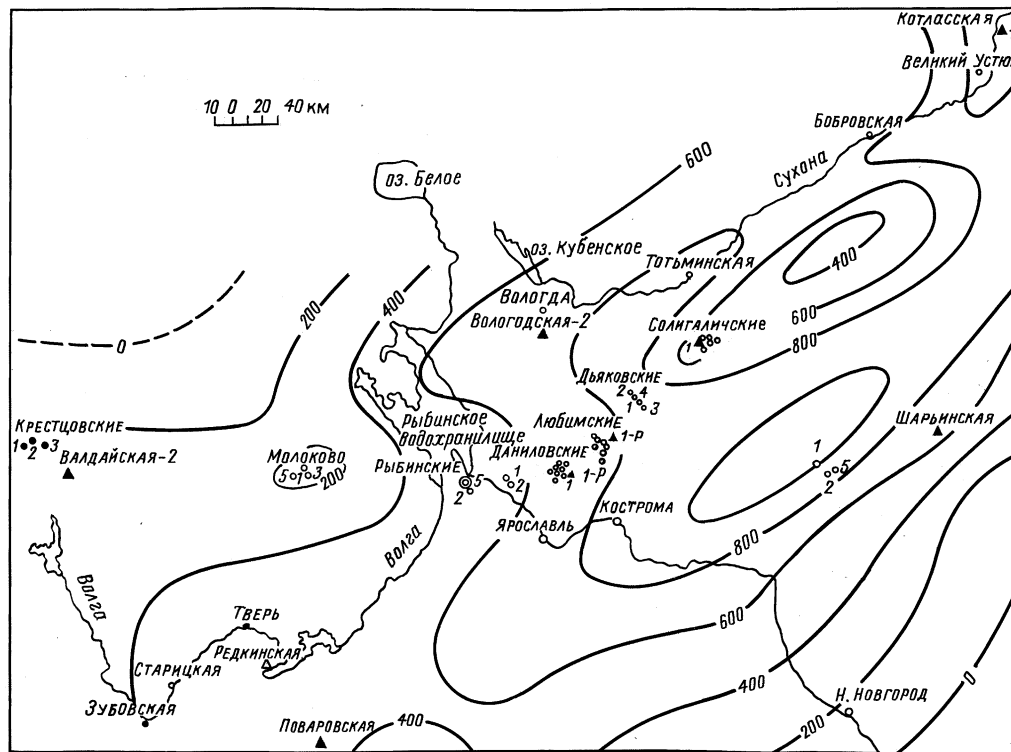


Рис. 2. Московская синеклиза. Схематическая карта мощностей вендских отложений (1993 г.)

отложениях рифея, нижних горизонтах венда и кристаллических породах фундамента. В ее составе выделяются редкинская и поваровская свиты, также разделенные несогласием. Между ними различными исследователями иногда выделяются непейцинская и учская свиты в погруженных участках синеклизы.

Характерной особенностью серии является ритмическое переслаивание терригенных пород.

В разрезе редкинской свиты выделяют две циклические пачки: вяземские и нелидовские слои. Сюда же, по нашему мнению, следует отнести и учские слои, иногда выделяемые как "непейцинская свита". Поваровская свита, залегающая выше по разрезу, отделена от редкинской региональным несогласием, которое четко следится даже на отдельных локальных поднятиях.

По данным бурения отложения редкинской свиты представлены внизу (вяземские слои) песчаниками полевошпат – кварцевыми разнозернистыми на карбонатном цементе, иногда с зернами гравия и мелкими гальками. Вверх по разрезу они переходят в алевролиты и аргиллиты темно – серые и окрашенные в бурый и красный тона. Эта часть разреза характеризуется на диаграммах ГИС как "высокоомный" пласт. Наибольшие толщины этой части разреза тяготеют к рифтовым зонам. В бортовых участках Московской синеклизы эта часть разреза выклинивается.

Расположенные выше в разрезе нелидовские слои распространены шире. В их основании повсеместно залегает пачка светлых песчаников полевошпат – кварцевых, переходящая вверх по разрезу в выдержанную по простиранию пачку массивных аргиллитов. В последней встречаются прослой вулканического пепла и монтмориллонитовых глин. Цвет пород темно – серый, черный, темно – коричневый. Отмечается подводно – оползневая структура и обогащенность органическим веществом.

Увеличенные мощности этой части разреза отмечены в Угличско – Никольском и Грязовецко – Тарногском прогибах, протягивающихся вдоль бортовых участков авлакогенов. Уменьшенные толщины этой части разреза характеризуют рифтовую зону.

Венчающие разрез редкинской свиты учские слои или слои "непейцинской свиты" представлены в основании разнозернистым песчаниками, сменяющимися вверх, как и

предыдущие два ритма, аргиллитами с прослоями алевролитов и песчаников.

Увеличение мощности этой части разреза, как и нелидовских слоев, характерно для прогибов, расположенных вне рифтовых систем (Галич, Готьма).

Отложения поваровской свиты, с размывом залегающей на различных слоях редкинской свиты, представлены несколькими циклическими пачками (до 6), которые внизу начинаются песчаными породами, сменяющимися вверх аргиллитами. Они распространены на меньшей площади, чем образования редкинской свиты, но перекрывают учские слои. В низах свиты преобладают зеленовато-серые и темно-серые породы. Породы верхней части разреза имеют пеструю окраску. Максимальные мощности свиты приурочены к прогибам фундамента, расположенным к юго-востоку и северу от рифтовой зоны, с которой связаны минимальные толщины свиты или полное ее отсутствие (Рослятино) (см. рис. 2).

Начавшаяся в венде синеклизная стадия нашла свое продолжение и в нижнем палеозое. Его разрез сложен кембрийскими ордовикскими отложениями.

Палеозойская эратема PZ

Кембрийская система I

Кембрийская система представлена нижним (балтийская серия) и средним (тискреский горизонт) отделами. Их выделение основано на определении фауны брахиопод и трилобитов, а также на микропалеонтологических и палинологических данных.

Балтийская серия распространена в центральной части синеклизы и в западном направлении выходит за ее пределы. Она представлена чередованием терригенных пород светло-серой, ржаво-желтой окраски, иногда переходящей в пестроцветную.

Тискреский горизонт имеет более ограниченное распространение и представлен главным образом песчаниками с прослоями аргиллитов.

Мощность кембрийских образований, так же как и отложений венда, уменьшается над авлакогенами, увеличиваясь в их приплечевых прогибах.

Ордовикская система О

Ордовикская система представлена тремя отделами. В ее составе выделяются терригенные и карбонатные породы. Первые из них характерны для раннего и среднего ордовика. Карбонатный тип разреза характерен для верхнего отдела системы.

Между кембрийской и ордовикской системами в региональном плане отмечены несогласие и связанный с ним размыв кембрийских отложений. Однако сопоставление разрезов в пределах локальных поднятий свидетельствует о полной преемственности тектонических движений и их режима в течение вендского, кембрийского и ордовикского времени.

Для всех отложений, накопившихся в синеклизную стадию в условиях внутриконтинентального морского бассейна, включающих вендскую, кембрийскую и ордовикскую системы, характерны единые закономерности.

В начале венда (690 млн. лет) рифтообразование практически прекратилось. Скорости осадконакопления существенно снизились. Осадочные образования, ранее накапливающиеся только в участках рифтогенеза, охватили прилегающие к ним части платформы, заполняя образовавшиеся в их пределах впадины. Накопление происходило в условиях мелководного моря, уровень которого неоднократно колебался, что приводило к размыву части из накопленного разреза.

Снижающаяся интенсивность теплового потока, достигшего максимума в рифейское время, продолжала значительно влиять на процессы катагенеза рифейских, венд–палеозойских образований. Эти процессы способствовали преобразованию органических остатков в углеводороды.

Коллизионные процессы, происходившие в этот период в районе современного Тимана, оказали влияние на систему авлакогенов Московской синеклизы, вызвав сжатие накопившихся синрифтовых осадков в восточных ветвях рифтовых зон, их частичное поднятие и размыв этой зоны. Эти процессы способствовали частичной перестройке структурного плана, активному перераспределению углеводородов в разрезе.

Процессы сжатия привели к образованию прогибов в приплечевых участках рифтовых зон, которые были заполнены синеклизным венд – нижнепалеозойским комплексом с повышенными значениями мощности.

ПЛИТНЫЙ КОМПЛЕКС

Этот комплекс охватывает самый спокойный и сравнительно непродолжительный промежуток времени. Его формирование началось со среднего девона (386 млн. лет) и продолжается с перерывами различной продолжительности до настоящего времени.

Для плитной стадии развития территории характерно широкое распространение осадочных комплексов, которые плащеобразно перекрывают большую часть площади платформы. Обычно такие комплексы образуются в условиях высокого эвстатического уровня, когда воды Мирового океана покрывают значительные части континентов.

В течение плитной стадии в Московской синеклизе, как и на всей территории Восточно – Европейской платформы, были реализованы движения герцинского и альпийского циклов тектогенеза. При этом основную роль в становлении структурного плана сыграл герцинский цикл.

Для этой стадии характерно общее погружение территории Московской синеклизы и накопление осадков, плащеобразно перекрывших все сформировавшиеся к этому времени тектонические элементы. На этой стадии были сформированы средне – и позднедевонские, пермские и мезозойские образования, выполняющие верхний плитный этаж Московской синеклизы.

Девонская система D

После сравнительно длительного континентального перерыва, имевшего место в раннедевонскую эпоху, большая часть территории Восточно – Европейского континента, включая Московскую синеклизу, к концу эйфельского и живетскому веку была покрыта морем. Началось образование отложений девонской системы, которые составляют значительную часть разреза Московской синеклизы. В составе девона выделяют два литологических комплекса: нижний – терригенный, включающий отложения среднего девона, и нижнюю часть франского яруса верхнего девона;

верхний — глинисто — карбонатный, объединяющий оставшуюся часть разреза.

Терригенный комплекс включает пярнусский, наровский и старооскольский горизонты среднего девона и пашийский и кыновский горизонты нижнего франа. Они сложены песчаниками серого, реже белого, зеленовато — серого цвета и пестро — цветными с прослоями аргиллитов, алевролитов и карбонатных пород. В отложениях среднего отдела девона на востоке территории появляются в разрезе сульфатизированные прослои.

Отложения карбонатного комплекса девона начинаются с отложений саргаевского горизонта. Они сложены известняками, доломитизированными известняками, органогенными неравномерно — глинистыми комковатой структуры, афанитовыми и тонкокристаллическими. Цвет пород зеленовато — серый, реже буроватый. Мощность горизонта 50 — 75 м.

Выше в разрезе залегают глины семилукского горизонта серовато — зеленого цвета, реже буроватого, известковистые с прослоями мергелей и алевролитов, мощность которых во впадинах достигает 100 м.

Верхнефранский подъярус представлен чередованием глин доломитовых, мергелей, песчаников и известняков серых и коричневато — серых. В восточных районах появляется сульфатизация, песчаные прослои исчезают.

Образования фаменского яруса представлены доломитами с преобладающей серой окраской с прослоями глин, мергелей и известняков. В восточных районах увеличивается сульфатизация доломитов, встречаются прослои ангидритов.

Мощность терригенного девона составляет 160 — 600 м, карбонатного — 150 — 580 м.

Каменноугольные образования залегают на познедевонских отложениях. Они представлены всеми тремя отделами в полном объеме, характерном для восточных и центральных районов Восточно — Европейской плиты. По составу это карбонатная толща, в которой преобладают доломиты и известняки с прослоями мергелей. В нижней части толщи отмечаются прослои терригенных пород.

Отложения пермской системы также представлены карбонатной толщей, в разрезе которой отмечены прослои ангидрита и гипса. Только верхняя часть ее (татарский ярус) сложена терригенными породами. Мощность пермских отложений 250 — 260 м.

Мезозойские образования в составе триасовых, юрских и меловых отложений распространены на территории Московской синеклизы только в наиболее погруженных участках. Это терригенные породы континентального (триас) и морского (юра, мел) генезиса. Общая мощность их не превышает нескольких десятков метров.

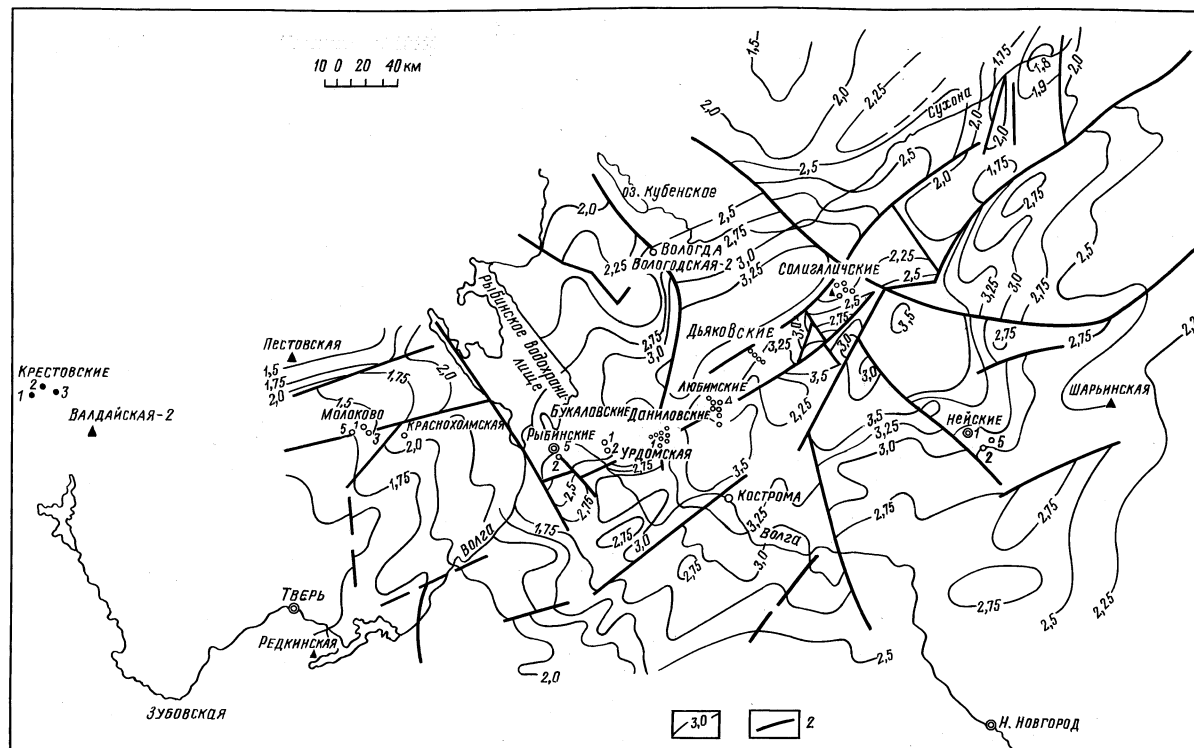


Рис. 3. Московская синеклиза. Структурная схема подошвы вендского комплекса (1994 г.):
1 — изогипсы, 2 — разломы

Значительный перерыв в осадконакоплении, продлившийся с конца ордовика до среднего девона, т.е. около 45 млн. лет, затронул всю территорию Московской синеклизы и сопредельных регионов. К этому времени относится активный спад тектонических процессов каледонского цикла тектогенеза, обусловленный глобальными изменениями геодинамической ситуации.

Рост эвстатического уровня в среднедевонскую эпоху обусловил широкое развитие в пределах Восточно-Европейской платформы мелководного морского бассейна. Условия приэкваториальной области, в которой в это время находился континент, обусловили преобладание карбонатных осадков, отложившихся в девонский, каменноугольный и пермский периоды.

Относительно спокойный тектонический режим, сопровождавший это осадконакопление, отразился в довольно выдержанных мощностях этих комплексов (рис. 3). Максимальное прогибание в это время фиксируется в пределах юго-восточной плечевой части Солигаличского авлакогена.

Некоторое усиление тектонической активности отмечается в пермско-триасовое время. Эти движения, вызванные коллизионными процессами в районе Уральской континентальной окраины при закрытии одноименного океана, оказали существенное влияние на восточную часть Московской синеклизы, где движения плитной стадии проявились наиболее контрастно. Максимальные мощности плитного комплекса отмечаются в районе пробуренных скважин на площадях Галич, Буй, Чухлома.

Учитывая общий спад интенсивности теплового потока на этапе плитной стадии развития региона, можно полагать, что на большей части Московской синеклизы накопление этого комплекса в относительно спокойных тектонических условиях постепенного погружения не способствовало активным процессам генерации углеводородов. Несколько повышенную относительно других районов интенсивность процессов генерации углеводородов в глубоких горизонтах разреза можно предполагать в восточных районах территории, на которые оказали влияние движения позднегерцинской фазы тектогенеза.

Альпийский цикл тектогенеза (мел, юра) практически не оказал влияния на структурные особенности Московской синеклизы, так как продолжающееся прогибание осевой зоны

синеклизы не превысило за это время нескольких десятков метров.

2.1.2. ГЕОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВЕНДСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ

Аргиллитоподобные сланцы редкинской свиты венда считаются основными нефтематеринскими породами Московской синеклизы. На ее большей части в редкинское время формировалась толща серых, зеленовато-серых глин. В период застойных условий происходило накопление темно-серых, почти черных, аргиллитов, обогащенных органическим веществом. Глинистые породы в разрезе образуют прослой мощностью 10–30 м. Суммарная мощность обогащенных органическим веществом пропластков для центральных районов Московской синеклизы оценивается в 30 м (при мощности всей глинистой части редкинской свиты до 110–140 м) [8–10,28].

Содержание органического углерода ($C_{орг}$) возрастает от бортов синеклизы к ее при осевой погруженной части от 0,4 % на площадях Руднянская, Ярцевская, Кубенская, Бобровская до 0,86–1,92 % на Пошехонской, Рыбинской, Даниловской площадях. Наибольшее содержание $C_{орг}$ приурочено к средней части разреза редкинской свиты – до 1,44 % (скв. Любимская, 2816–2914 м), ниже по разрезу глины обеднены и содержат 0,4 % $C_{орг}$.

Битумообразование в глинах редкинской свиты достигает наибольших значений в погруженных частях синеклизы.

Битумоидный коэффициент составляет: в скважинах Рыбинская (2415–2512) – 6 %, Пошехонская (2769–2936) – 4,6 %, Любимская и Даниловская – (2700–2880) 6,3 %. Однако в нижней части разреза битумоидный коэффициент снижается: в Любимской скважине (3100–3200) он равен 1,5 %, в Дьяконовской – 1,2 %, в Рослятинской – 0,7 %.

Наибольшие значения углеводородного коэффициента составляют 2,07–7,4 % и приходятся на глубины 2,2–2,9 км на площадях Даниловская, Рыбинская, Любимская, Пошехонская и фиксируются в породах, достигших среднего уровня ката-генеза.

Содержание сингенетических углеводородов в материнской толще носит дифференцированный характер, изменяясь от 3260 г/м³ в скв. Даниловская до 130 г/м³ в скв. Павлово–

Посадская, в скв. Дьяконовская их содержание понижается до 23 г/м³.

Данные люминесцентной микроскопии показали, что для редкинских глин в районе скв. Пошехонская, Ростовская, Рыбинская, Даниловская и других в интервале 2,0–2,9 км характерно интенсивное битумообразование. Наблюдается присутствие двух типов структур – сплошного насыщения (слоистые, связанные с сингенетичным образованием) и аллохтонного типа (пропитка насыщения микротрещин, пор, пустот и т.д.).

Органическое вещество редкинской свиты находится на разных стадиях катагенетического преобразования – от длиннопламенной до жирной и коксовой.

Геохимические исследования свидетельствуют о том, что рассеянное органическое вещество (РОВ), в данном случае сапропелевого типа, имеет неодинаковую степень катагенетической превращенности. В приподнятых участках РОВ находится на буроугольной стадии катагенетического преобразования. Содержание сингенетических углеводородов составляет в среднем 250–350–1500 г/м³ в глинах и резко падает в алевролитах до 30 г/м³.

Граница буроугольной и длиннопламенной стадии катагенетического преобразования проходит по линии площадей Пошехонская – Рыбинская – Ильинская на глубинах свыше 1,8 км. Уровень катагенетических преобразований здесь находится на длиннопламенной стадии.

Большое насыщение битумоидами наблюдается в погруженных участках и меньшее – в прибортовых приподнятых зонах.

Геохимические исследования указывают на различную степень катагенетического преобразования РОВ в зависимости от термобарических условий, действующих на породы. Наиболее погруженным участкам Московской синеклизы (глубина свыше 2,9 км, температура более 80 °С) соответствует стадия катагенетического преобразования коксовая и выше, участкам глубиной 1,8–2,9 км соответствует газовая длиннопламенная, жирная стадия. Толщи, расположенные до глубины 1,8 км, находятся на буроугольной стадии.

Судя по составу керогена (С – 68–75 %, Н – 5–7 %, Н/С_{ст} – 0,84–1,37 %) и морфологии включений ОВ, в редкинских отложениях присутствуют ОВ только сапропелевого типа. В нефтематеринских редкинских

отложениях, содержащих сапропелевый тип ОВ, на глубинах свыше 1,8 км отмечаются не только процессы генерации углеродов, но и их эмиграция, что позволяет считать эти породы нефтепроизводящими.

В связи с различным уровнем термобарических условий глинистые сланцы редкинской свиты в краевых прибортовых частях Московской синеклизы отличаются начальным уровнем катагенеза, а в ее центральных, наиболее погруженных зонах, где температура достигает 80–100 °С, – средним уровнем катагенеза.

Уровень катагенетического преобразования РОВ в пределах Московской синеклизы имеет прямую связь с максимальным по времени прогревом. Установлено, что нефтепроизводящие отложения венда, степень катагенетического преобразования РОВ которых находится на уровне длиннопламенной и жирной стадии углефикации, образуют Солигаличскую – главную зону нефтеобразования (ГЗН) вендских отложений. Внутреннее овальной формы пространство соответствует нефтепроизводящим породам, прошедшим ГЗН (нефтяное окно). В пределах этого окна наиболее благоприятными будут условия формирования газоконденсатных образований. Определенным подтверждением может служить приток газоконденсата на Даниловской площади [10].

В разрезе валдайской серии позднего венда сосредоточена основная масса ОВ в целом и породы с максимальными (до 12 %) концентрациями ОВ. Наряду с этим на юго–западном борту Московской синеклизы (скв. Ярцево, Торопец) в отложениях прибрежно–мелководного характера, обладающих весьма специфическим геохимическим обликом, сформированным под влиянием вулканических извержений в пределах Воронежской антеклизы, обнаружен второй максимум накопления ОВ ($C_{орг}$ варьирует от 0,5 до 6 %). Господствующие формы микровключений ОВ, указывающие на сапропелевую природу, в верхневендских отложениях такие же, как и в аналогичных геохимических зонах, но разнообразие их несколько большее за счет формы равномерного сплошного насыщения пород ОВ и микрообрывков водорослей. Содержание углеводов достигает 55 %. В составе метано–нафтеновых углеродов из хлороформенного битума А (ХБА) пород с концентрацией ОВ больше 4 % доля парафинов составляет 40 %.

Термобарические условия катагенеза и время также повлияли на состав ОБ, битумных и углеводородных компонентов. Наибольшее погружение и влияние максимальных температур породы позднего венда испытали в северной части Московской синеклизы, в районе Галича, где температура в течение палеозоя изменялась от 65 до 95 °С. В северной (район скв. Рыбинская, Дьяконовская), восточной и центральной частях Московской синеклизы температура вендских отложений изменялась от 50 до 70 °С с кембрия по пермь. В северо – западном, юго – западном и юго – восточном районах Московской синеклизы и на склонах Балтийского щита вендские отложения не претерпевали воздействия температур свыше 50 – 65 °С.

Существенное погружение (до 2000 – 4000 м) и возрастание температур (до 90 – 100 °С) испытали редкинские отложения в осевой зоне Московской синеклизы в среднем и позднем палеозое. В мезозое и кайнозое глубина оставалась без изменения.

Для валдайской серии венда (редкинская свита) наиболее преобразованным является ОБ, присутствующее в центральной осевой, наиболее погруженной части синеклизы, где прогрев достигает 90 – 140 °С и ОБ преобразовано до стадий жирной и коксовой. Нефтематеринский потенциал к северо – востоку от Любимской площади носит истощенный характер, среднее содержание рассеянных жидких углеводородов не превышает 25 – 65 г/м³. В Галичском и Вологодском прогибах и западнее (скв. Пошехонская, Рыбинская, Ростовская, Редкинская и др.) содержание углеводородов варьирует от 400 до 3300 г/м³, образуя в плане кольцо, окаймляющее Солигаличскую зону нефтенакопления.

В периферийной части Московской синеклизы (Пере – славль, Решма, Макарьев) редкинские отложения залегают на глубинах свыше 2000 м и представлены толщей (200 – 250 м) серых и черных глин, микрослоистых, алевритистых, тонкорасслоенных с алевропесчаниками, с обломочным, плохо отсортированным материалом средней обкатки.

Несмотря на относительную преобразованность ОБ, общее незначительное содержание его, преобладание бедных ОБ небитуминозных пород в разрезе редкинской толщи периферийной части Московской синеклизы не позволяют связывать со свитой сколько – нибудь значительных перспектив в нефтегазоносном отношении, тем более, что

незначительные по мощности возможные нефтематеринские породы не претерпели необходимых тепловых воздействий.

В осевой части Московской синеклизы (Пошехонье, Рыбинск, Любим, Данилов, Дьяконово) редкинская свита залегает на глубинах 2850–3000 м. В разрезе свиты присутствует 120–200-метровая толща темно-серых слабоалевритистых, некарбонатных тонкослоистых глин (аргиллитов), расслоенных бурыми или темно-коричневыми глинами и алевролитами с карбонатным цементом порового типа. Коричневые и бурые разности пород почти не содержат ОВ (0,2 %) и битумов (следы), и они явно принадлежат к окислительной фации.

Создается впечатление, что сероцветные нефтематеринские породы редкинской свиты на рассматриваемом участке являются "созревшими" до начала нефтеобразования. Следы подвижных битумов усматриваются в наличии $B_{пэ}$, появлении некоторого количества (до 0,005 % $B_{хл}$) битумов в песчаниках и алевролитах с ничтожным содержанием ОВ (до 0,08 %).

Суммарные запасы нефти и газа, связанные с толщей, по приблизительным подсчетам могли бы быть значительными (при коэффициенте эмиграции 30 % и аккумуляции 30 %) – 150 млн. тонн.

2.1.3. КОЛЛЕКТОРЫ И ПОКРЫШКИ

Коллекторские горизонты встречены в отложениях рифея, венда и палеозоя.

Наименее изучены коллекторы рифейского комплекса. Коллекторами в этих отложениях являются песчаники и алевролиты кварцево-полевошпатового состава. Ограниченность геологических данных не позволяет представить их распределение по площади рифтовых зон.

В целом они характеризуются невысокими емкостными и фильтрационными свойствами, что связано с их относительно высокой плотностью, составляющей 2,50–2,70 г/см³.

Пористость их изменяется в диапазоне 0,57–12,0 %, газопроницаемость – $(0,04–21) \cdot 10^{-15}$ м². Газопроницаемость аргиллитов в зависимости от трещиноватости – $(0,01–12) \cdot 10^{-15}$ м². В разрезе рифея песчаные толщи составляют 40–70 % разреза.

Коллекторы венд-нижнепалеозойского потенциально нефтегазонасного комплекса связаны с пластами,

выделяющимися в отложениях. Все они связаны с пачками песчано – алевро – литовых пород.

1. Нижняя из них приурочена к базальным слоям редкинской свиты (к так называемому "высокоомному пласту"). Суммарная эффективная его мощность изменяется от 0 до 45 м. Повышенные ее значения отмечаются в районе Солигалич – Рослятино. Состав песчаников полевошпат – кварцевый, обломочный материал угловатый, плохо отсортированный, цемент глинисто – карбонатный, каолиновый. Коэффициент открытой пористости варьирует в пределах от 0,6 до 27,9 %, хотя средние значения обычно находятся в пределах от 7 до 12 %.

Проницаемость песчаников изменяется от $0,01 \cdot 10^{-15} \text{ м}^2$ до $849 \cdot 10^{-15} \text{ м}^2$ при общем фоне в $(1-5) \cdot 10^{-15} \text{ м}^2$. Улучшение коллекторских свойств происходит в северо – восточном направлении. Повышенными значениями проницаемости отличаются также песчаники, приуроченные к рифтовым зонам. На это указывают и повышенные дебиты воды, полученные из этого пласта при опробовании скважин: 86 $\text{м}^3/\text{с}$ – в Бологом, 28 – 576 $\text{м}^3/\text{с}$ – на Солигаличской площади, 334 $\text{м}^3/\text{с}$ – в Рослятино, 900 $\text{м}^3/\text{с}$ – в Великом Устюге. В то же время низкими притоками характеризуются площади, расположенные за пределами Солигаличского авлакогена: Лежа – 5 $\text{м}^3/\text{с}$, Гагаринская – 21,6 $\text{м}^3/\text{с}$.

2. Вторая пачка песчаных пластов залегает в основании поваровской свиты. Литологически она существенно меняется по площади. Открытая пористость ее изменяется от 5,3 до 11,6 %, проницаемость – от $0,1 \cdot 10^{-15} \text{ м}^2$ до $10 \cdot 10^{-15} \text{ м}^2$. Песчаники имеют кварцевый, полевошпат – кварцевый состав. Их эффективная мощность изменяется от 4–6 до 30 м в прогибах. В зоне Солигаличского авлакогена ее эффективная мощность составляет около 15 м.

3. Коллекторская пачка в основании кембрия связана с породами песчано – алевритового состава. Открытая пористость ее 4,2–40 %, фон составляют значения 9–14 %. Улучшенные значения открытой пористости тяготеют к востоку Московской синеклизы. Проницаемость изменяется от $0,1 \cdot 10^{-15} \text{ м}^2$ до $1800 \cdot 10^{-15} \text{ м}^2$, имея тенденцию увеличения с запада на восток.

В отложениях ордовика и среднего – верхнего кембрия выделяется несколько проницаемых горизонтов, которые могут служить пластовыми резервуарами для скопления нефти и газа. Три из них связаны с нижней частью разреза

этого комплекса.

1. Нижний пласт залегает в основании юльгазельской пачки тремадока. Структура его залегания отражена на рис. 3. Он слагается светло-серыми и белыми кварцевыми песчаниками с прослоями зеленовато-серых алевролитов, цемент глинисто-карбонатный. Текстура пород слабослоистая, массивная. Пористость пласта варьирует в пределах от 13 до 42 %, проницаемость от $300 \cdot 10^{-15}$ до $3000 \cdot 10^{-15} \text{ м}^2$ и более. Максимальные эффективные мощности пласта (до 63 м) тяготеют к наиболее погруженным зонам. Этим же зонам соответствуют области ухудшенных коллекторских свойств.

2. В верхней части юльгазельской пачки выше нижнего на 70 м залегает средний пласт. Он представляет собой чередование песчано-алевролитовых и глинистых прослоев. В составе обломков повышенное содержание полевых шпатов и акцессорных минералов. Цемент глинистый, порового и контактного типов.

Эффективная мощность пласта изменяется от 5 до 54 м (аналогично тенденциям нижнего пласта). Пористость имеет максимальные значения 20–24 %, проницаемость – $2000 \times 10^{-15} \text{ м}^2$.

3. Верхний пласт. Коллектор, приуроченный к кровельной части тремадока, распространен ограниченно. По своим особенностям и составу он сходен с описанными выше. Содержание кварца в породах достигает 88–99 %, цемент глинистый, пленочного и базального типа (до 5–10 %). В прибортовых участках синеклизы построен сложно и разделяется на два пропластка. Открытая пористость пласта изменяется от 7,0 до 18,0 %, проницаемость от $50 \cdot 10^{-15}$ до $800 \cdot 10^{-15} \text{ м}^2$.

Пласты-коллекторы верхней части ордовика развиты на ограниченных участках только на востоке региона. Литологически это линзы мелко- и среднезернистых песчаников и алевролитов с доломитовым и глинистым цементом. В центральной части их развития они чаще представлены алевролитами, по периферии – песчаниками. Пористость их 11–17,7 %, проницаемость $(0,8–665) \cdot 10^{-15} \text{ м}^2$. Мощность пластов от 0 до 40 м.

В основании девонских отложений пласты-коллекторы отмечаются к югу от системы авлакогенов. Это песчаники и алевролиты нарвского и кыновского горизонтов. По данным ГИС, пористость их составляет 17–23 %, мощность от 0 до

66 м. Основные экранирующие толщи в Московской синеклизе связаны с перекрывающими коллекторские горизонты подразделениями разреза.

В отложениях рифея характер распространения региональных экранов не изучен. Они связаны, главным образом, с аргиллитами, которые в определенных условиях могут служить и коллекторами. Вендские пласты – коллекторы разобщены относительно хорошими глинисто – аргиллитовыми покрывками значительной мощности регионального характера.

Для отложений кембрия и ордовика основными покрывками служат широко развитые в регионе глинистые разделы нижней части разреза, разобщающие три нижних пласта.

Для верхней части ордовика надежным экраном являются глинистые прослои этого этажа разреза.

Девонские горизонты экранируются глинистыми и мергелистыми покрывками, слагающими нижнюю часть разреза девона. Карбонатные пласты – коллекторы верхней части девона и каменноугольной системы экранированы покрывками, состоящими из мергелей, глин и глинистых известняков, как правило, не имеющих регионального распространения.

2.1.4. СТРУКТУРЫ ОСАДОЧНОГО ЧЕХЛА

1. Структурами рифтогенного этапа развития являются, главным образом, субвертикальные сбросы субширотного и северо – восточного простирания. Они характеризуют рифейский комплекс, который накапливался в начальную и среднюю стадии рифтогенеза. Изучены слабо.

Главнейшие структуры: блоковые горсты и грабены центральной части рифтов, портьерные структуры приплечевых участкови плечи рифтов.

2. Структуры фазы сжатия: конец рифея. Конец рифейского времени характеризуется сжатием и общим воздыманием территории с континентальным режимом развития.

Преобладающим типом структур этого этапа являются блоковые, часто диагональные, поднятия, взбросы, надвиги в отложениях рифея и фундамента и связанные с ними деформации в виде антиклиналей, простирание осей которых совпадает с рифтовой системой, особенно в восточной ее части.

3. Структуры этапа начала общего погружения – венд, кембрий, ордовик.

Основные структуры связаны с заключительными затухающими движениями сжатия и началом общего погружения пририфтовых участков синеклизы. Они связаны с проявлением взбросов в зоне рифтов и сбросов в заплечевых участках. Преобладающий тип структур – приразломные антиклинали с частично проникающими разломами, структуры облегания древнего рельефа и антиклинали северо–восточного (риф–тового) простирания.

4. Структуры плитной стадии: девон, карбон. Структурами этого этапа развития территории являются пологие деформации, как правило, унаследованного характера от предыдущего этапа развития. Это пологие антиклинали, ненарушенные, типичного для платформ облика.

2.1.6. МИГРАЦИЯ

Полученные на ряде разведочных площадей признаки газоносности и слабые притоки нефти и газа указывают на существование в системе миграции углеводородов из очагов генерации в верхнюю часть разреза. Значительный этап, в пределах которого были отмечены признаки углеводородов, среди которых можно отметить наличие слабых притоков углеводородов, пропитанность керна нефтью и скопление в породах окисленных нефтей и битумов, затрагивает рифейские, венд–кембрийские, ордовикские, девонские и каменноугольные отложения. Практика работ показала, что основным типом миграции были вертикальные перетоки углеводородов в зонах разломов, где они оказали отрицательное влияние на качество региональных экранирующих толщ.

Процессы вертикальной миграции происходили только в области рифтов, так как все признаки углеводородов отмечены на структурах, приуроченных к этой зоне (Даниловская, Любимская, Солигаличская, Букаловская, Рыбинская).

2.1.7. ОСНОВНЫЕ ОБЪЕКТЫ ПОИСКОВО-РАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

В пределах Московской синеклизы пока не выявлено промышленных скоплений углеводородов.

Вероятно, главнейшими НГК в пределах бассейна являются рифейский и венд – кембрийско – ордовикский. Вышезалегающие комплексы, к которым приурочены хорошие коллекторские горизонты, экранированные надежными крышками, могут содержать скопления углеводородов, при условии прорыва миграционных потоков углеводородов из отложений пострифтового комплекса (венд – кембрийско – ордовикского), в весьма ограниченных участках.

Основные НГК недостаточно изучены поисковыми работами, которые включают сейсмические методы и буровые работы.

Рифейский возможный НГК, который является, вероятно, основным очагом генерации углеводородов, остается "terra incognita". В нем до настоящего времени не выявлено ни одной структуры, пригодной для постановки целенаправленных поисковых работ, так как несовершенство применяемой методики проведения сейсморазведочных работ не позволяет выделить и проследить отражающие горизонты внутри рифейской толщи пород, мощность которых достигает нескольких километров.

Венд – кембрийский возможный НГК, непосредственно перекрывающий рифейские образования, благодаря воздействию еще активного и мощного теплового потока в зоне рифтов, вероятно, мог быть источником генерации углеводородов. Но основная его роль связана, по – видимому, с аккумуляцией углеводородов, поступающих снизу в результате вертикальной миграции.

Отсутствие промышленных скоплений углеводородов в настоящее время не означает бесперспективность Московской синеклизы. Основной очаг нефтеобразования, вероятно, связан с синрифтовым комплексом, который формировался в фазу рифтогенеза, в которую шло накопление осадков как континентального, так и морского генезиса. Наиболее активно система работала в докембрий – ское (рифейское) время. Затухание ее работы произошло в венде – ордовике.

Более поздние этапы развития территории не отличались жесткостью тектонического режима. Они не могли привести к существенному переформированию образовавшихся в нижнем этаже разреза скоплений углеводородов, как это было на Приуральской континентальной окраине Восточно – Европейского континента в конце палеозойского времени. Коллизионные процессы, произошедшие в пермское время в

зоне современного Урала, привели к "выжиманию" углеводородов из нижних комплексов рифея венда в вышезалегающие, образовавшиеся к тому времени отложения девона и карбона, в результате чего образовалась Волго–Уральская нефтегазоносная провинция [5,30].

Поисковые работы, проведенные на Московской синеклизе, не привели к открытию здесь промышленных скоплений в отложениях фанерозойской части разреза.

Дальнейшие ПРР в пределах Московской синеклизы должны быть ориентированы на рифейский НГК с охватом его на полную мощность в рифтовой зоне и приплечевых ее участках, в которых основные перспективы нефтегазоносности следует связывать с венд–ордовикскими коллекторскими горизонтами и верхней частью фундамента, скопления нефти и газа в котором могут быть связаны с участками разуплотнения, имеющими связь с рифтогеном.

С этой целью необходимо провести региональные и площадные сейсморазведочные работы с использованием современной техники и методики в сочетании с бурением параметрических скважин.

Основными задачами ПРР на первом этапе следует считать, во–первых, выявление структурных форм в рифейском НГК, изучение внутренней структуры фундамента, зон его нарушения, а также получение новых данных о литологических особенностях строения разреза в петрофизических свойствах слагающих его пород.

Во–вторых, те же исследования актуальны и для венд–кембрийско–ордовикского возможного НГК, структура и литология которого должны быть изучены как в зонах авлакогенов, так и пририфтовых участках.

2.2. МЕЗЕНСКАЯ СИНЕКЛИЗА

Территория синеклизы располагается к востоку от Балтийского щита, носящего название выступа Ветреного пояса. Восточной границей синеклизы принято считать Тиманское складчатое сооружение, которое отделяет ее от Тимано–Печорской плиты (рис. 4). С юго–востока синеклиза ограничена склонами Сысольского свода, относящегося к Волго–Уральской антеклизе.

В отличие от Московской синеклизы здесь осадочный чехол на 75–80 % состоит из синрифтового и синеклизного

комплексов, активное осадкообразование которых протекало на Тиманской пассивной окраине в течение рифея – венда – раннего палеозоя.

В целом строение чехла отвечает схеме Московской синеклизы: на дорифтовом фундаменте в рифтовых зонах залегают отложения рифея, несогласно перекрытые синеклизным и плитным комплексами. Общее погружение всех отложений направлено в сторону Тиманского сооружения, надвинутого на край Восточно–Европейской платформы.

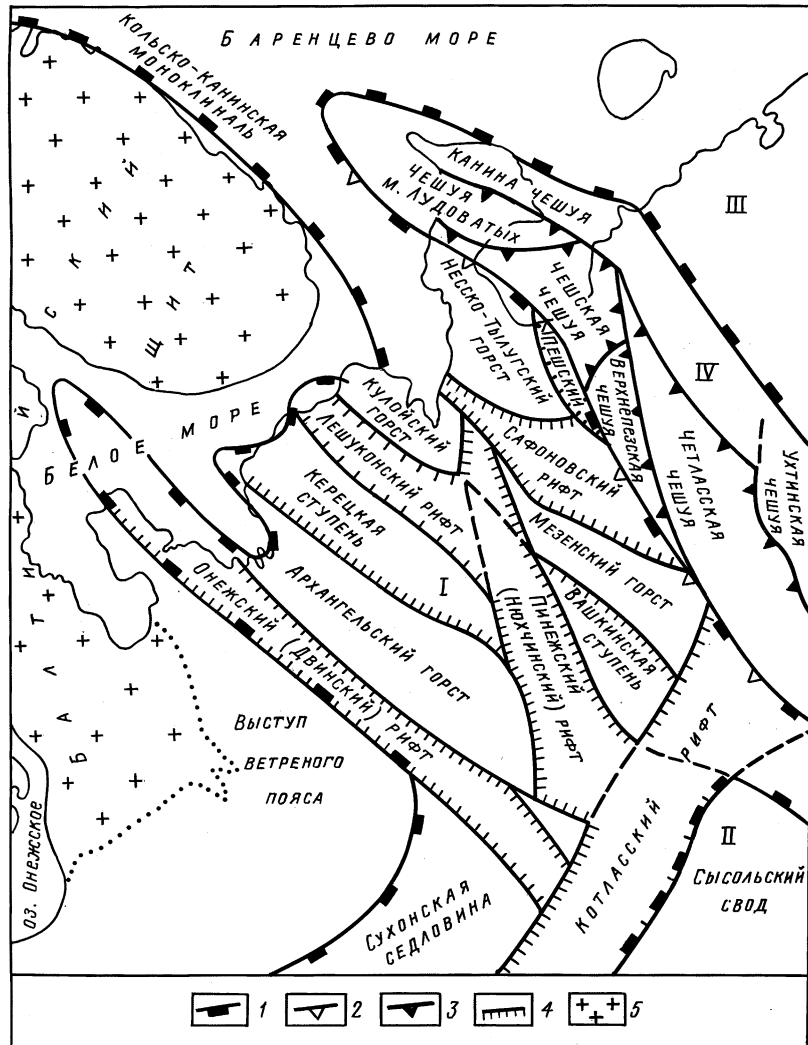


Рис. 4. Тектоническая схема Мезенской синеклизы:
 I – Мезенская синеклиза, II – Волго–Уральская антеклиза, III – Печорская синеклиза, IV – Тиманский кряж; 1 – границы крупнейших структур, 2 – Тиманская сutura, 3 – надвиги, 4 – сбросы, 5 – выход архейского фундамента на поверхность

2.2.1. КРАТКАЯ ЛИТОЛОГО-СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЗРЕЗА

Особенности формирования осадочного чехла в пределах Мезенской синеклизы отвечают закономерностям, характерным для плитных регионов, к которым относится и Восточно–Европейская платформа. В составе чехла выделяются три яруса–этажа, каждый из которых характеризует особенности условий накопления осадков в определенные этапы геодинамической эволюции.

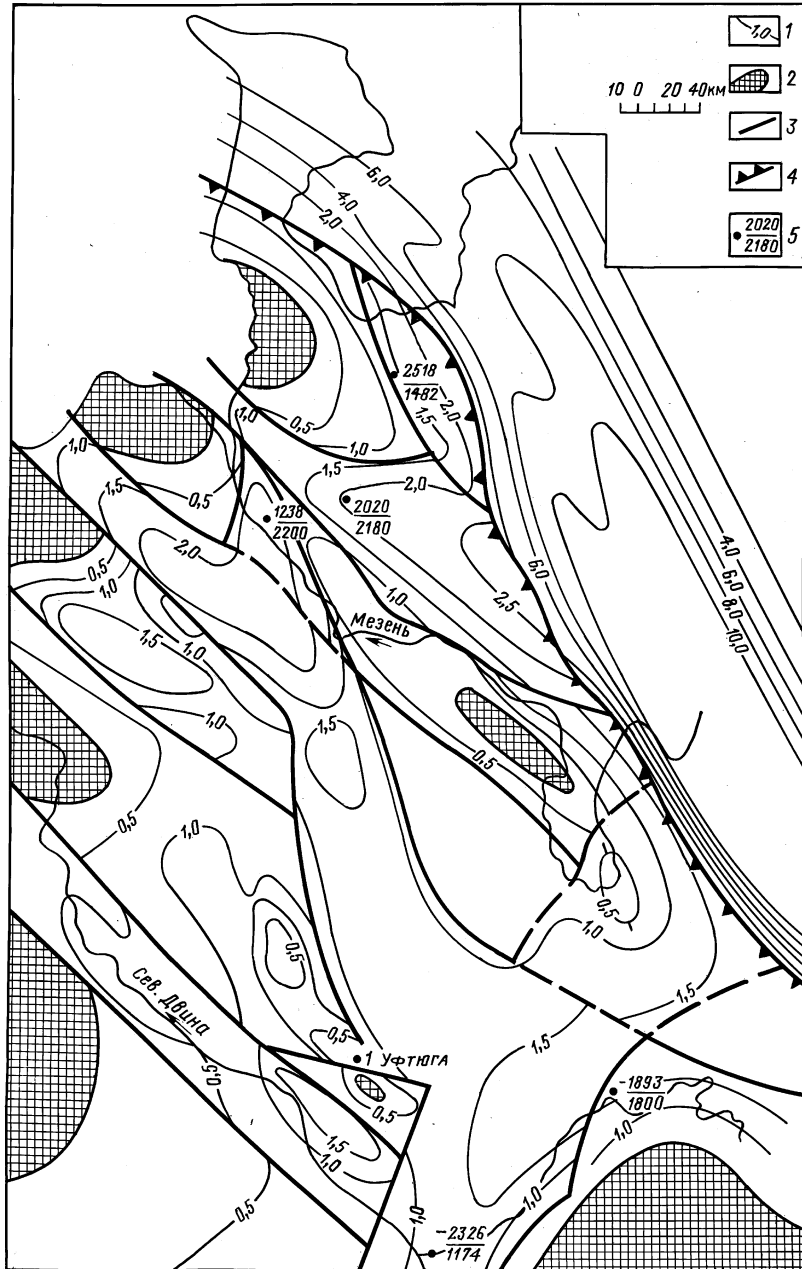
СИНРИФТОВЫЙ КОМПЛЕКС R

В докембрийский этап Мезенской синеклизы накопление осадочного материала происходило вдоль окраины Восточно–Европейского континента. Такой окраиной в рассматриваемом регионе являются область современного Тимана и прилегающие к ней с востока районы. Имеющиеся данные свидетельствуют, что в районе Тимана накопилась линза осадков мощностью до 12 км. По составу осадков в пределах Тимана выделяется ряд зон, характерных для проградирующих в сторону океана пассивных окраин. Западная из них, обращенная к мезенской синеклизе, сложена мелководно–морскими осадками, представленными терригенными образованиями. Осевая зона Тимана сложена карбонатно–терригенными и карбонатными биогермными фациями. Она, вероятно, является естественной границей шельфовой зоны. К востоку от нее, со стороны Печорской плиты отложения рифея представлены тонкозернистыми образованиями, практически не содержащими песчаников и конгломератов. Их формирование происходило в верхней части континентального склона [7].

В это время территория Мезенской синеклизы представляла собой раздробленную на серию грабенов и горстов континентальную окраину. Основное накопление осадков происходило в грабенах – рифтах, специфичных для конца протерозоя структурах, образовавшихся во многих участках Восточно–Европейского континента. В пределах рифтовых зон, сформированных в пределах Мезенской синеклизы, из–за их

Рис. 5. Мезенская синеклиза. Схема мощностей отложений рифейского комплекса (составил А.Н. Руднев, 1995 г.):

1 – изопахиты, 2 – область отсутствия отложений рифея, 3 – разломы, 4 – положение главного надвига Тимана, 5 – скважины (в числителе – абсолютная отметка рифейских отложений, в знаменателе – мощность отложений)



разобщенности корреляция разрезов рифея затруднена. Рабочая схема ее разработана специалистами ВНИГРИ во главе с Л.С. Коссовым.

Согласно этой схеме в рифтовых зонах Мезенского региона выделяются отложения, представленные средним и верхним рифеем.

Среднерифейские образования слагают нижнюю часть разреза, выполняющего грабенообразные зоны. Эти отложения вскрыты скважиной Усть–Няфта в интервале 2641–3803. Большая часть их разреза представлена темно–серыми аргиллитами с прослоями в верхней части мелкозернистых песчаников. Общая мощность этого комплекса может превышать 1,5 км (рис. 5).

Образования, относимые к верхнему рифею и коррелируемые с одновозрастной толщей, изученной в пределах Тимана, выделены в составе дорогорской, лешуконской, няфтинской и уфтыгской свит и представлены, как и в западных зонах Тимана, чередованием терригенных пород, иногда содержащих прослой карбонатов.

В западных грабенах преобладают алевро–песчаные разности пород, особенно в верхней части разреза, в то время как в восточных районах синеклизы, в частности в Сафоновском прогибе, в разрезе преобладают алевролиты–аргиллитовые разности пород с признаками начальной стадии метаморфизма.

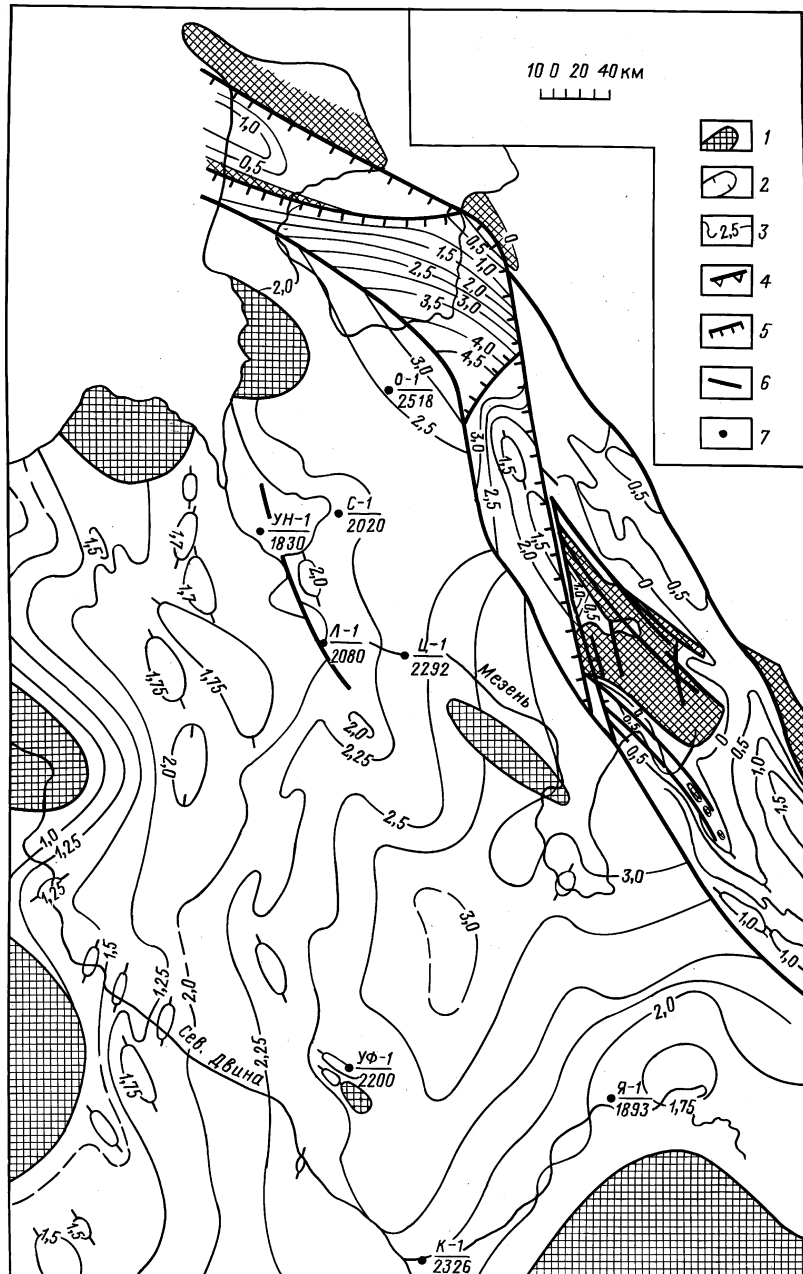
Рифейские образования кроме рифтовых зон встречены и в горстовых участках, где они объединяются в ненокскую свиту (кудаш), представленную преимущественно косослоистыми, пестроокрашенными песчаными разностями пород, имеющими, по–видимому, аллювиальный генезис. Мощность отложений верхнего рифея колеблется в широком диапазоне: от нескольких метров в пределах поднятий до более чем 1400 м в рифтовых зонах (скв. Ома).

СИНЕКЛИЗНЫЙ КОМПЛЕКС V + I + S?

Отложения комплекса трансгрессивно с видимым несогласием залегают на размытой поверхности рифея (рис. 6). На западе территории они залегают непосредственно на породах фундамента. В условиях синеклизы они имеют достаточно выдержанную мощность и состав, залегая на различных подраз–

Рис. 6. Структурная схема поверхности рифейского комплекса Мезенской синеклизы (составил А.Н. Руднев, 1995 г.):

1 – область выхода на поверхность отложений рифея, 2 – область отсутствия отложений рифея, 3 – изогипсы, 4 – главный надвиг Тимана, 5 – надвиги, 6 – прочие нарушения, 7 – скважины, вскрывшие рифей



делениях рифея, а в пределах выступов фундамента, непосредственно на его эродированной поверхности, они представлены отложениями верхнего венда, нижнего кембрия и, вероятно, силура.

В составе комплекса по схеме Л.С. Коссового выделяются редкинская и валдайская серии.

В целом для венд–кембрийского комплекса характерна отчетливо выраженная ритмичность.

Редкинский горизонт представлен преимущественно аргиллитоподобными глинами с прослоями алевролитов и песчаников, реже известняков, мергелей и вулканокластических пород.

Как и для рифейской толщи, в разрезах скважин в пределах синеклизы выделяются Лешуконско–Пинежский тип разреза мощностью 90–100 м с преобладанием глинисто–аргиллитовых разностей и Сафоновско–Пешский, в котором выделяются три пачки. Нижняя из них представлена темно–коричневыми аргиллитами с маломощными прослоями песчаников, алевролитов, туфов и туфо–аргиллитов. Мощность этой пачки в скв. Ома 1–46 м.

Средняя пачка в нижней части сложена песчано–алевролитовыми разностями пород и постепенно сменяется вверх по разрезу аргиллитами, содержащими тонкие прослои более грубых пород. Для пачки характерна темно–серая окраска. Мощность ее 160–170 м.

Сходное строение имеет верхняя пачка, преобладающая окраска которой зеленовато–серая и темно–серая. Особенности ее разреза является наличие коричневых аргиллитов с прослоями алевролитов. Мощность пачки 260 м.

Гдовский горизонт представлен чередованием терригенных образований, соотношение которых меняется по площади синеклизы. В целом для горизонта характерно увеличение глинистости на восток. Мощность горизонта изменяется от 60–90 м в западных районах до 190 м (скв. Койнас–опорная).

Котлинский горизонт также имеет два типа разреза – западный, представленный главным образом сероцветными глинами с подчиненными прослоями алевролитов и песчаников, и восточный, отличающийся увеличением в нем объема песчаных прослоев.

В восточной части увеличивается также количество буро–цветных пород, указывающих на близость источника сноса, появившегося к востоку от Мезенской синеклизы. Мощность

горизонта широко варьирует, прослеживается тенденция ее увеличения с востока (270 м) на запад (370–480 м).

Мезенский горизонт в отличие от нижезалегающих имеет преимущественно бурую окраску, лишь иногда в нем отмечены зеленоокрашенные прослои. Нижняя и средняя части горизонта сложены преимущественно песчано-алевролитовыми отложениями, верхняя – глинами с прослоями алевролитов.

Верхняя граница проводится в подошве пласта песчаников, выше которых отмечено содержание в породах кембрийских акритарх и изменение минералогического состава пород. Максимальные мощности до 400 м отмечены в Лешуконском прогибе.

Нижнекембрийские образования, как и в пределах сопредельной Московской синеклизы, содержат акритархи, сопоставляемые с балтийской серией. Они представлены чередованием серо- и красноокрашенных терригенных пород, в которых преобладают (особенно в верхней части разреза) прослои песчаных пород.

Общая площадь нижнекембрийской пачки возрастает с запада на восток от 220 до 360 м.

Отложения силура вскрыты только в скв. Нижняя Пеша: 152-метровая толща отнесена к силуру по сходству литологического состава с отложениями Северного Тимана.

Отложения его представлены чередованием коричневых и серых глин. В средней части разреза выделяется пачка известняков, выше сменяющаяся чередованием пластов известняков и глин.

В целом синеклизный комплекс выполняет нижнюю часть разреза синеклизы, перекрывая все рифтовые зоны, далеко "выпескиваясь", особенно на западе, за их пределы. Аналогичное распространение венд-кембрийский синеклизный комплекс имеет и в пределах Московской синеклизы, покрывая ее как более погруженную часть, выклиниваясь на склонах крупных поднятий.

В пределах Мезенской синеклизы венд-кембрийские образования выклиниваются на склонах Балтийского щита в западной и северной ее частях, на юге граница распространения комплекса контролируется Сысольским сводом, на востоке выклинивание происходит по подножию Тимана. Отсутствие венд-кембрийского комплекса на Тимане, вероятно, связано с их размытием в орогенную фазу, приуроченную к концу венда – кембрия.

ПЛИТНЫЙ КОМПЛЕКС

Между завершением накопления синеклизного и началом отложений плитного комплекса в пределах всей Восточно–Европейской платформы фиксируется значительный перерыв в 120–160 млн. лет. Именно к этому времени относится образование Евроамерики, что привело к резкому изменению эвстатического уровня. Мелководные шельфовые моря в это время располагались по периферии крупных континентальных массивов. Начиная с середины девонского периода они проникли в глубину крупных континентов, таких как Восточно–Европейский, перекрыв накопившимися в них осадками большую часть их территории.

К плитному комплексу в пределах Мезенской синеклизы, как и в соседних регионах платформы, относятся терригенные образования среднего и позднего девона, карбонатно–сульфатные породы карбона – нижней перми. Образования красноцветов поздней перми–триаса своим генезисом обязаны орогенным движениям на Урале. Венчают весь разрез плитного комплекса маломощные континентально–морские осадки юры, мела, антропогена.

Девонские образования в пределах Мезенской синеклизы известны только в Пешском прогибе, где в скв. Нижняя Пеша вскрыты отложения, отнесенные к среднему и верхнему отделам системы.

Нижняя часть вскрытого здесь разреза мощностью 117 м в основании представлена серыми кварцевыми песчаниками, вверх по разрезу сменяющимися чередованием алевролитов, глин, содержащих линзы доломитов.

Верхний отдел девона в скв. Нижняя Пеша представлен мощной толщей (1260 м), в которой выделены пашийский и кыновский горизонты.

Пашийский горизонт характеризуется главным образом песчаным составом красно–коричневой окраски с обломками вулканогенных пород, содержащих прослойки алевролитов и глин. Скважиной пересечены пластовые интрузии диабазов мощностью 105, 10, 340 м.

Кыновский горизонт представлен также пестроокрашенной полимиктовой толщей мощностью 109 м.

На границе с Московской синеклизой позднедевонские образования также представлены маломощными терригенными красноцветами.

Каменноугольные отложения, распространенные на всей Русской плите, в Мезенской синеклизе начинаются с

московского яруса. Верейский и каширский горизонты яруса сложены карбонатно – терригенными образованиями.

Карбонатный разрез подольского и мячковского горизонтов на севере синеклизы представлен огипсованными доломитами, ангидритами, известняками. Мощность среднего отдела карбона закономерно уменьшается с запада на восток от 150 – 220 до 50 – 70 м.

Верхний отдел карбона представлен карбонатными разностями с прослоями ангидритов. Их мощность уменьшается от оси Сафоновской зоны прогибания (200 м) к бортовым участкам синеклизы (80 м).

Нижнепермские отложения представлены сакмарским, артинским и кунгурским ярусами, в составе которых присутствуют известняки, доломиты, гипсы и ангидриты. Общая мощность нижнего отдела пермской системы 150 – 220 м.

Верхний отдел пермской системы, как и в остальной части Русской плиты, представлен уфимским, казанским и татарским ярусами. Первый из них сложен в основном красноцветными песчаниками, алевролитами, глинами, мергелями с прослоями сероцветных известняков и доломитов. В нижней части яруса отмечены прослои ангидритов и гипсов, которые вверх по разрезу исчезают. Максимальные мощности яруса 367 м отмечаются в Сафоновском прогибе.

Казанский ярус представлен серыми и темно – серыми терригенными и карбонатными породами мощностью 120 – 130 м.

Татарский ярус в основании разреза представлен красноцветными мергелями с прослоями алевролитов, сменяющимися вверх по разрезу серыми мергелями и известняками. Мощность яруса до 350 м.

Мезозойская группа представлена на востоке синеклизы образованиями триаса, юры, мела.

Триасовая система в районе Пешской впадины представлена нижним и средним отделами. Это ритмично чередующиеся терригенные породы с остатками филопод, остракод и позвоночных, венчающиеся континентальной толщей мощностью до 200 м.

Юрская система в составе среднего и верхнего отделов несогласно перекрывает различные горизонты нижнего триаса. По происхождению они относятся к мелководно – морским образованиям и представлены песками, глинами,

мергелями с прослоями известняков и горючих сланцев общей площадью до 150 м.

Нижний отдел меловой системы сложен маломощной (10–20 м) толщей серых глин и песков.

2.2.2. ТЕКТОНИКА

Антропогеновые образования в пределах синеклизы представлены галечниками, песками, глинами, суглинками флювиогляциального происхождения мощностью 10–30 м.

По поверхности фундамента Мезенская синеклиза имеет довольно сложное строение (рис. 7). Архейско–протерозойский фундамент разбит на блоки, выделяющиеся в рельефе в виде горстов и грабенов – рифтов.

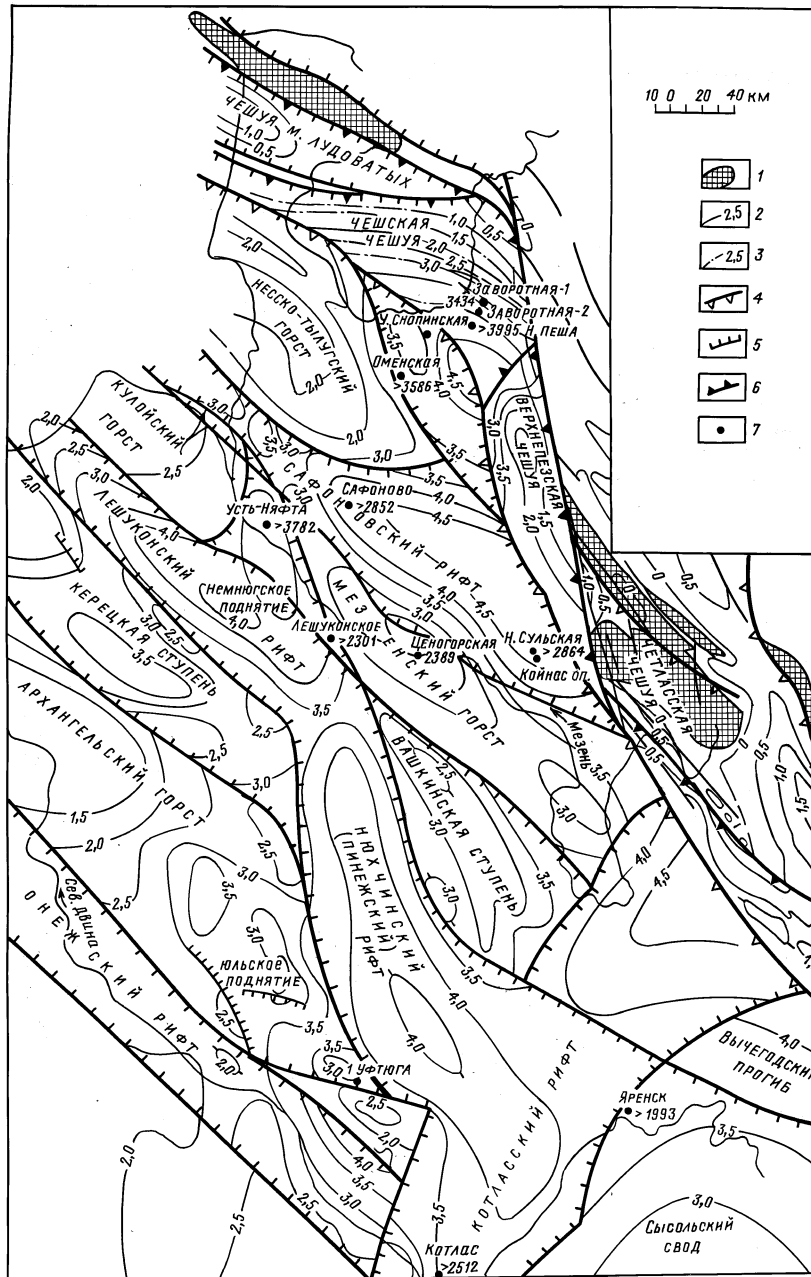
Выделяющиеся структуры имеют общую северо–западную ориентировку, несколько отличающуюся от простираения Тиманского поднятия. С запада на восток выделяются крупные выступы фундамента: выступ Ветреного Пояса, Архангельский горст, осложненный на востоке Керецкой ступенью, Кулойский и Мезенский горсты, отделенные друг от друга ветвью Лешуконского рифта. Южная часть Мезенского горста, прилегающая к Пинежскому рифту, выделяется как Вашкинская ступень.

Самый восточный горст – Несско–Тылутский располагается на крайнем северо–востоке синеклизы.

Эти приподнятые области залегания фундамента разделены рифтовыми зонами. К ним относятся Онежская или Двинская, Лешуконская и Пинежская, образующие единую зону прогибания в центральной области Мезенской синеклизы. Вдоль Тиманской сутуры прослеживаются асимметричные Сафоновская и Пешская рифтовые зоны. Они представляют собой единую зону прогибания, ступенчато погружающуюся под Тиман. Западный борт ее осложнен небольшими сбросами, амплитуда которых не превышает нескольких сотен метров, в то время как восточный борт пододвинут под серию чешуй Тиманского сооружения с общей амплитудой более 5 км. Таким образом, эта часть синеклизы является наиболее погруженным ее элементом.

Рис. 7. Схема рельефа поверхности фундамента Мезенской синеклизы (составил А.Н. Руднев, 1995 г.):

1 – выход на поверхность отложений рифея, 2 – изогипсы поверхности фундамента, 3 – изогипсы поверхности рифея на Тимане, 4 – Тиманская сатура, 5 – сбросы, 6 – надвиги, 7 – скважины



Вторая по величине зона прогибания охватывает Лешуконский рифт, на севере имеющий У-образную форму, и сопряженный с ним Пинежский рифт, продолжающий через небольшую седловину эту зону на юг.

С запада к Лешуконскому рифту примыкает Керецкая ступень, осложняющая Архангельский горст с востока. Глубина погружения фундамента в ее пределах составляет 3,0–3,5 км.

В восточной прибортовой части ступени выделяются крупные Полтинское и Ежугское поднятия фундамента, глубина которого в сводовых участках составляет около 2,5 км.

Лешуконский рифт протягивается от Белого моря на севере до устья р. Вашка более чем на 200 км. Поверхность фундамента погружена в его пределах до 4,0–4,5 км. Северная часть рифтовой зоны осложнена крупным Кулойским выступом фундамента, который делит северную часть рифта на собственно Лешуконский и Азопольский лучи. Их относительная амплитуда прогибания по ограничивающим разломам составляет 1,5–2 км.

Южное окончание Архангельского горста погружается до глубин 3,0–3,5 км. Эта часть осложнена многочисленными тектоническими нарушениями, из которых сформированы довольно крупные поднятия: Юльское, Юрасское, Уфтыгское и Карпогорское. По поверхности фундамента они имеют крупные размеры и амплитуду.

Структурный план размытой поверхности рифейского комплекса существенно отличается от рельефа фундамента, хотя в целом несет некоторые черты унаследованности.

Наиболее погруженным участком по этой поверхности остается район Сафоновской, Пешской впадин и Котласского прогиба. Глубина погружения рифейского комплекса здесь превышает 3 км.

В меньшей степени эта связь отмечается для района Лешуконско–Пинежского рифта, где несмотря на то, что мощность рифея 1,5–2 км, его поверхность испытывает погружение всего на 100–150 м. Керецкая ступень отмечается структурной террасой.

Осадки рифейского возраста полностью отсутствуют в пределах выступа Ветреного Пояса, в северной части Архангельского горста и Керецкой ступени. Выпадают из разреза они также в приподнятых зонах Кулойского, Несско–

Тылугского горстов, в пределах Сысольского свода и, вероятно, в некоторых участках Мезенского горста.

Вычегодский прогиб, протягивающийся вдоль Тимана, по своему генезису согласуется с образованием сходных с ним Пешской и Сафоновской впадин, на которые кроме рифтогенеза были наложены силы, вызвавшие их дополнительное прогибание в связи с надвигом на край Восточно–Европейской платформы Тиманского сооружения. Основание осадочного выполнения прогиба сложено рифейским комплексом, моноклинально погружающимся в сторону Тимана. Северо–восточный борт прогиба перекрыт аллохтонными чешуями рифейских толщ Тимана.

Тиманское сооружение следует рассматривать как зону докембрийского орогена, возникшую на месте бывшей пассивной континентальной окраины в результате столкновения ее с активной окраиной Печорской плиты в конце венда – кембрия. Рифейский комплекс, накапливавшийся на шельфе, континентальном склоне и подножии, был смят, частично подвергся метаморфизму в результате надвигания на него вулканической дуги и по образовавшимся пологим надвигам смещен в направлении Восточно–Европейского материка. В современном сооружении Тимана принимают участие серии чешуй, надвинутых друг на друга и частично на окраинные впадины Мезенской синеклизы.

Наиболее приподнята из этой серии чешуй Четласская, в пределах которой рифейский комплекс обнажается на дневной поверхности (Четласский камень). Он надвинут на Верхне–Пезскую чешую, часть которой, погруженная на глубины 1,5–2,0 км, прослеживается к северо–западу от нее. Эродированная поверхность этой чешуи погружается в северном направлении, где она надвинута, как и расположенная на крайнем северо–западе чешуя м. Лудловатых на Чешскую, в пределах которой кровля рифея погружена до глубины 3–4 км. Последняя надвинута на синрифтовый комплекс и вызвала наибольшее прогибание Пешского рифта, глубина которого достигает 4,5–5,0 км.

Аллохтонные образования северо–восточного склона Тиманского сооружения (Ухтинская, Канинская чешуи) имеют подобное строение.

Применение современных модификаций сейсморазведочных работ в регионах, подобных Тиману,

позволяет изучить их внутреннее строение и наметить перспективные для поисков нефти и газа объекты.

В пределах рифтовых зон синеклизы и в недрах Тимана, несомненно, имеются крупные антиклинальные структуры и зоны разуплотнения складчатого комплекса и фундамента в приплечевых участках рифтов, участки выклинивания рифейского комплекса, поднадвиговые зоны. Их поиски представляют определенный практический интерес и требуют использования современных методов сейсморазведки.

Образования венд – кембрийского синеклизного комплекса, перекрывая рифейские образования и фундамент, имеют совершенно отличный структурный план. Это усугубляется большим перерывом, который длился значительную часть

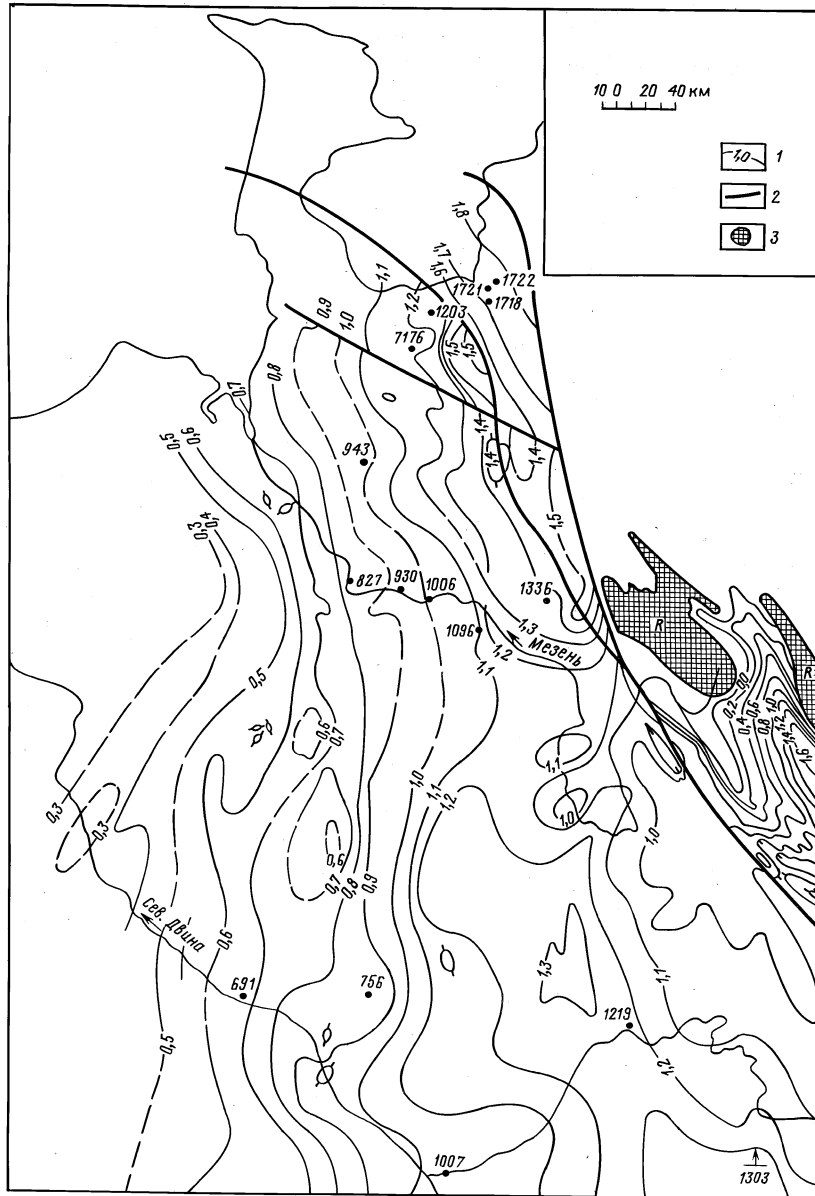


Рис. 8. Структурная схема подошвы каменноугольных отложений (составил А.Н. Руднев, 1995 г.):
 1 — изогипсы, 2 — разломы, 3 — выход на поверхность отложений рифея

нижнего и верхнего палеозоя. Структура всего нижнего терригенного комплекса, к которому относится и синеклизный венд – кембрийский комплекс, отражена на структурной схеме по подошве каменноугольных отложений (рис. 8). Мезенская синеклиза по этой схеме представляет собой северо – восточное (Мезенское) окончание Московской синеклизы, которая представляет собой крупнейшую область прогибания осадочного чехла Восточно – Европейской платформы, занимающую весь северо – запад Европейской России. Мезенская синеклиза представлена суженной между Балтийским щитом и Тиманским поднятием неглубокой асимметричной впадиной, ось которой ближе к ее восточному борту. Наибольшие глубины она имеет в районе Чешского блока Пешской впадины, Нижнепезской террасы, над которыми приподняты по разломам Четлаский и Канинский блоки.

На спокойном моноклинальном фоне погружения синеклизного комплекса на западном борту синеклизы отмечаются небольшие заливы и мысы, частично унаследованные от фундамента и рифейского комплекса.

В какой – то мере выделяются такие элементы, как Вычегодский и Котласский прогибы, причем ось последнего приобретает меридиональную ориентировку и проходит в районе Яренска, накладываясь на Мезенско – Вашкинскую зону и Сысольский свод.

Эта карта отражает структурный план пологозалегающего плитного комплекса, который плащеобразно покрывает большую часть Русской платформы.

2.2.3. ГЕОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РИФЕЯ И ВЕНДА ДОКЕМБРИЙСКИХ НЕФТЕГАЗОГЕНЕРИРУЮЩИХ КОМПЛЕКСОВ

Отложения палеозоя исключены из категории промышленно значимых нефтегазопроизводящих толщ в связи с небольшой глубиной их погружения. По этой же причине в составе валдайской серии более существенная роль в генерации нефти и газа должна принадлежать глинистым породам, залегающим в основании этой серии.

Образование промышленных скоплений нефти и газа принято связывать с ОВ, содержащимся в глинистых разностях пород. Материал по геохимической характеристике обобщали и определяли средневзвешенные

значения показателей в пределах более крупных стратиграфических подразделений. Учитывая древний возраст рассматриваемых отложений, все ОВ относили к классу сапропелитов.

Геолого–геохимическая характеристика рифейских и вендских отложений как источников нефти и газа приведена в табл. 1. Учтен фактический материал в изученных разрезах. Для расчета средних значений $S_{орг}$ и $\beta_{хл}$ использовались значения $S_{орг}$, ХБ и СББ, определенные для 570 образцов глинистых и алевритовых пород. С учетом песчаников общее число анализировавшихся образцов из рифей–вендских отложений Мезенской синеклизы превышает 1000.

Следует отметить несколько большее содержание $S_{орг}$ в рифейских отложениях по сравнению с вендом и в глинистых породах по сравнению с песчано–алеваитовыми. Отмечается тенденция роста содержания ОВ в вендских отложениях в юго–восточном направлении. Концентрации $S_{орг}$ допалеозойских отложений Мезенской синеклизы меньше кларковых значений, хотя на Тимане она существенно выше (табл. 2).

Стадии катагенеза рассеянного ОВ устанавливались в основном через максимальные глубины погружения отложений.

В Мезенской синеклизе в связи с отсутствием его в древних толщах совершенно неэффективными оказались методы определения стадий катагенеза по отражательной способности витринита. Для увязки стадий катагенеза ОВ с глубинами залегания использованы данные Г.М. Парпаровой, С.Г. Неручева и других ученых по палеозойским отложениям соседних регионов, для которых на основании обобщения многочисленных определений отражательной способности витринита были построены схемы глубинной катагенетической зональности. Нами использовались также данные В.И. Внутских по рифею Пермского Прикамья, а также В.И. Ермолкина и др. [8, 10], И.В. Постниковой [22], согласно которым катагенез ОВ, определенный по элементному составу керогена, на глубинах 3,2–3,4 км отвечает стадии МК₃. Глубинная шкала катагенеза для докембрийских отложений Мезенской синеклизы, составленная нами по упомянутым материалам, помещена в табл. 3. В подошвенных подразделениях разреза катагенез ОВ будет больше, в частности в основании рифейских отложений он может достигать градаций МК₄ и даже МК₅.

Таблица 1

Геолого-геохимическая характеристика разрезов вендских и рифейских отложений Мезенской синеклизы

Скважины	Возраст пород	Мощность		Средние значения $S_{орг}$, %		Средние значения ХБ, %		Средняя глубина залегания, км	Плотность глинистых пород, г/см ³	Стадия катагенеза	Количество остаточного ХБ на 1 км ² и 1 м мощности по роду, т/км ² ·м	Количество генерированных в глинистых породах УВ газозов, тыс. м ³ /км ² ·м
		глин	алево-роли-тов	глин	алево-роли-тов	глин (остаточных)	алево-роли-тов					
Усть-Няфта	V	461	355	0,12	0,14	1,0	2,5	1,5	2,15	МК ₁	50	92
	R	1066	311	0,20	0,12	1,5	3,3	2,8	2,5	МК ₂	90	190
Сафоновская	V	470	262	0,12	0,8	1,0	1,4	1,8	2,27	МК ₁	—	111
	R	331	334	0,20	0,10	1,7	2,4	2,5	2,40	МК ₂	98	161
Оменская	V	644	181	0,12	0,09	1,1	0,4	2,1	2,33	МК ₂	58	107
	R	563	353	0,15	0,13	1,6	2,3	3,1	2,62	МК ₃	75	217
Лешуконская	V	479	327	0,1	0,7	1,1	2,0	1,8	2,28	МК ₂	52	83
	R	124	67	0,15	0,13	1,5	2,4	2,2	2,36	МК ₂	64	97
Ценогорская	V	634	323	0,12	0,08	1,0	1,0	2,0	2,31	МК ₂	72	144
	R	15	26									
Койнасская	V	695	289	0,14	0,13	1,5	3,0	2,5	2,50	МК ₂	100	211
	R	—	—									
Уфлюгская	V	671	273	0,12	0,08	1,5	4,5	2,1	2,35	МК ₂	77	101
	R	37	62	0,15	0,12	1,0		2,5	2,40	МК ₂	43	121
Яренская	V	418	162	0,20		1,5		1,8	2,27	МК ₁	137	158
	R	10	30	0,20		1,5		2,1	2,37	МК ₂	85	105

Таблица 2

Содержание $C_{орг}$ и битумоидов в углеродистых сланцах рифея Тимана и Полудова кряжа (по Гецену, 1981)

Район	Свита (серия)	Возраст пород	Порода	Содержание $C_{ус,}$	Коэффициент концентрации число образцов	Содержание битумоидов, %	Среднее содержание битумоидов	Тип битумоида по В.Н. Фроловской
							число образцов	
ПовКанин	Тархановская серия	Средний рифей	Бiotит-кварцевый сланец	0,98	$\frac{1,1}{1}$	0,02	$\frac{0,02}{1}$	ЛБА
Северный Тиман	Малочернорецкая свита	То же	Бiotит-серицитовый сланец	$\frac{1,0-1,2}{1,1}$	$\frac{1,1}{2}$	0,0025-0,156	$\frac{0,05}{6}$	ЛБА, МБА
Четласский Камень	Визингская свита	Средний (?) рифей	Глинистый сланец	$\frac{0,54-1,53}{1,11}$	$\frac{1,2}{9}$	0,00125-0,08	$\frac{0,02}{16}$	ЛБА, МБА
То же	Павьюгская свита	Верхний рифей	Доломит	0,02	$\frac{1,0}{2}$	0,000158-0,03	$\frac{0,007}{5}$	ЛБА
Средний и Южный Тиман	Паунская свита	То же	Угlisto-глинистый сланец	$\frac{0,76-5,85}{2,3}$	$\frac{2,55}{7}$	0,00125-1,8	$\frac{0,031^*}{31}$	ЛБА, МБА
То же	Покьюкская серия	Средний (?) рифей	Глинистый сланец	$\frac{0,28-1,97}{1,21}$	$\frac{1,3}{7}$	0,000625-0,313	$\frac{0,04}{26}$	ЛБА, МБА
Полуодов кряж	Среднечу-рочинская свита	Кудаш	Аргиллит	$\frac{0,8-2,9}{1,7}$	$\frac{1,9}{4}$	0,12-0,3190	$\frac{0,194}{3}$	ЛБА, МБА, СБА

* При подсчете среднего содержания исключено аномальное содержание битумоида - 1,8 %. Определения $C_{орг}$ выполнены химическим и количественным спектральным (аналитик Г.Е. Юшкова) анализами.

** В числителе - интервал содержания, в знаменателе - среднее содержание.

Таблица 3

Соотношение стадий катагенеза ОБ, глубин залегания отложений, коэффициентов эмиграции жидких УВ из глинистых пород и масштабов генерации углеводородных газов в Московской и Мезенской синеклизах

Стадии катагенеза	Максимальные глубины погружения, км		Коэффициенты эмиграции нефти из глинистых пород		Генерация УВ газов, % (массовая доля) на ОБ данной стадии катагенеза	
	Среднее значение	Пределы изменения	Среднее значение	Пределы изменения	Среднее значение	Пределы изменения
ПК ₃	1,2	1,0–1,4	0,03	0,01–0,05	1,1	1,0–1,2
МК ₁	1,75	1,5–2,0	0,20	0,051–0,34	1,5	1,3–1,7
“К ₂ ¹ ”	2,3	2,1–2,5	0,47	0,341–0,60	2,15	1,71–2,6
“К ₂ ² ”	2,8	2,6–3,0	0,73	0,601–0,85	2,95	2,61–4,3
МК ₃	3,35	3,1–3,6	0,90	0,851–0,95	9,55	4,31–14–8
МК ₄	4,15	3,7–4,6	0,97	0,951–0,98	15,9	14,81–17,0
МК ₅	4,95	4,7–5,2	0,985	0,981–0,99	18,4	17,1–19,8
АК ₁	5,75	5,3–6,2	0,993	0,991–0,996	24,2	19,81–28,6

При этом в вендских отложениях удельная газопродуктивность долин гдовско-мезенской толщи повсюду меньше, чем в редкинском горизонте.

Главенствующая роль в образовании промышленных скоплений нефти и газа в Мезенской и Московской синеклизах должна принадлежать рифейским отложениям. На это указывают значительно большие суммарные мощности глинистых пород, более высокие концентрации ОБ и битумоидов, большие глубины залегания и стадии катагенетического преобразования ОБ и большие абсолютные масштабы битумо- и газообразования. Второе место занимают глинистые отложения низовенда.

2.2.4. КОЛЛЕКТОРСКИЕ СВОЙСТВА РИФЕЙСКИХ И ВЕНДСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ

В осадочном чехле Мезенской синеклизы выделяются два перспективных нефтегазоносных комплекса: рифейский и вендский.

КОЛЛЕКТОРСКИЕ СВОЙСТВА РИФЕЙСКОГО ПЕРСПЕКТИВНОГО КОМПЛЕКСА

Отложения рифея вскрыты в скважинах: Яренск, Сафоново, Оменская, Ценогорская, Уфтыога, Усть – Няфта, Лешуконская.

Рифейский, возможно, перспективный, комплекс представлен чередованием терригенных пород с прослоями редких пластов известняков.

Песчаники имеют полевошпат – кварцевый состав, реже – кварцевый, мелко – и среднезернистые. Терригенный материал, как правило, составляет 80 – 90 %. Цемент (10 – 20 %) по составу хлоритовый, гидрослюдистый, глинисто – железистый, участками каолинистый, карбонатный, реже серицитовый. Тип цемента, как правило, контактово – поровый, пленочный, но в основном комформационный. Наблюдаются как первичные, так и вторичные поры выщелачивания. Первичные составляют, как правило, не более 1,5 – 2 %, вторичные – 2,3 % [табл. 4].

Алевролиты – мелкозернистые, с пятнистыми, реже крупнозернистыми включениями аргиллита. Терригенный материал (70 – 65 %) в основном полевошпат – кварцевого состава, реже кварцевого с гидрослюдистым, серицитовым, хлоритовым, реже карбонатным цементом порового и базального типов. В породе в основном встречаются вторичные поры выщелачивания, составляющие 1,0 – 1,5 %.

Наиболее полно разрез рифейского перспективного комплекса вскрыт в скважине Усть – Няфта, где пройдена почти двухкилометровая толща этих пород.

Песчаники и алевролиты среднего рифея характеризуются невысокими коллекторскими свойствами, что обусловлено их высокой плотностью, составляющей 2,55 – 2,70 г/см³. Пористость варьирует от 0,57 до 3,57 %, газопроницаемость колеблется в пределах от 0,008·10⁻¹⁵ до 0,35·10⁻¹⁵ м². Газопроницаемость аргиллитов несколько выше – от 0,01·10⁻¹⁵ до 12·10⁻¹⁵ м², что зависит от трещиноватости пород.

Коллекторские свойства пород верхнего рифея Мезенской синеклизы более благоприятны для возможного скопления в них углеводородов. Так, открытая пористость песчаников в скважине Усть – Няфта изменяется в пределах от 0,5 до 11,2 %, причем в верхней части разреза песчаники еще более пористые (9,4 – 11,2 %). Газопроницаемость песчаников меняется снизу вверх по разрезу от (0,004 – 0,26)·10⁻¹⁵ до (0,29 – 10,30)·10⁻¹⁵ м² при соответственном изменении плотности от 2,8 – 2,7 до 2,33 г/см³. Пористость алевролитов,

составляющая 2,6– 10 %, относительно высока, однако газопроницаемость их составляет $10^{-17}–10^{-18}$ м². В южном направлении коллекторские свойства песчаников улучшаются. В скважине Ценогорская отложения верхнего рифея пройдены без отбора керна. По материалам БКЗ, в разрезе этой скважины выделено три пласта мощностью от 6 до 12,4 м. Эти пласты характеризуются, по-видимому, хорошими коллекторскими свойствами, так как при опробовании их были получены интенсивные притоки (5,7 м³ за 38 мин в открытом стволе и 13,8 м³ за 2 ч 30 мин) высокоминерализованных пластовых вод с растворенным угле-

Таблица 4

Коллекторские свойства пород Мезенской синеклизы по результатам анализов (по данным ВНИГРИ, 1991)

Скважина	Верхнерифейские отложения		Горизонт							
			редкинский		гдовский		котлинский		мезенский	
	$K_{\text{пес}}$	Открытая пористость, %	$K_{\text{пес}}$	Открытая пористость, %	$K_{\text{пес}}$	Открытая пористость, %	$K_{\text{пес}}$	Открытая пористость, %	$K_{\text{пес}}$	Открытая пористость, %
Ценогорская	0,4	—	0,10	$\frac{3,43-5,51}{5,51}$	0,10	—	0,05	$\frac{6,13-12,65}{9,52}$	0,10	$\frac{8,0-19,65}{14,0}$
Оменская	0,4	$\frac{0,71-3,51}{—}$	0,05	$\frac{6,37}{6,37}$	0,05	$\frac{7,18-7,31}{7,24}$	0,18	$\frac{7,72-19,76}{10,98}$	—	—
Койнасская	—	—	0,09	$\frac{1,04-9,12}{7,3}$	0,05	$\frac{0,75-11,97}{7,75}$	0,18	$\frac{2,7-12,27}{11,4}$	0,30	$\frac{4,94-19,34}{11,08}$
Сафоновская	0,2	$\frac{3,81-10,9}{6,52}$	0,15	$\frac{5,08-7,99}{7,11}$	0,05	$\frac{4,33-7,05}{6,62}$	0,08	$\frac{6,43-19,7}{9,52}$	0,25	$\frac{10,0-26,01}{13,85}$
Уфлюга	0,4	$\frac{3,3-16,9}{6,1}$	0,05	$\frac{3,5-4,7}{—}$	0,05	—	0,15	$\frac{9,3-22,86}{16,86}$	0,20	—
Нижняя Пеша	—	—	0,05	$\frac{0,8-2,11}{—}$	—	—	—	—	—	—
Усть-Няфта	0,35	$\frac{0,1-11,2}{6,2}$	0,10	$\frac{3,3-6,5}{6,5}$	0,15	—	0,10	$\frac{6,6-11,5}{8,33}$	0,15	$\frac{7,5-14,3}{10,3}$
Лешуконская	—	—	0,10	$\frac{5,35-7,8}{6,22}$	0,20	—	0,15	$\frac{8,4-15,8}{11,3}$	0,2	$\frac{10,1-31,2}{17,78}$
Яренская	0,4	—	0,10	—	0,05	—	0,20	$\frac{—}{11,58}$	—	—
Усть-Снопинская	—	—	0,05	—	0,15	—	0,20	—	—	—
В целом по Мезенской синеклизе	$\frac{0,2-0,4}{0,3}$	6	0,10	6,5	0,10	7,0	0,15	10,5	0,2	13,5

Примечание. В числителе — диапазон определений открытой пористости; в знаменателе — модальное значение открытой пористости для образцов с пористостью более 5 %.

водородно – азотного состава. В Сафоновском рифте, по данным определений коллекторских свойств, песчаники имеют пористость 3,81–10,9 % при низкой проницаемости. Существенно улучшаются коллекторские свойства пород верхнего рифея в южной части Мезенской синеклизы, где открытая пористость песчаников (скв. Уфтюга) составляет от 3,3 до 16,9 %, значения газопроницаемости колеблются от $0,009 \cdot 10^{-15}$ до $4,3 \cdot 10^{-15}$ м³, достигая $252 \cdot 10^{-15}$ м². Весьма слабые коллекторские свойства в скв. Оменская – 1, где по результатам анализов открытая пористость песчаников и алевролитов колеблется от 0,71 до 3,51 %, а проницаемость составляет $(0,01 – 0,02) \cdot 10^{-15}$ м². Средняя плотность изменяется от 2,4 до 2,62 г/см³. Результаты обработки материалов БКЗ дают схожие результаты. Обработка по кривым зондирования вскрытой части разреза показала отсутствие пластов – коллекторов.

КОЛЛЕКТОРСКИЕ СВОЙСТВА ВЕНДСКОГО ВОЗМОЖНО НЕФТЕГАЗОНОСНОГО КОМПЛЕКСА

Отложения комплекса залегают на меньших глубинах, чем рифейские, за исключением Пешской и Котгасской впадин, и обобщения сделаны отдельно по каждому горизонту вендского комплекса [8 – 10, 12, 19].

Терригенные отложения редкинского горизонта вскрыты всеми глубокими параметрическими скважинами Мезенской синеклизы. Результаты петрофизических анализов имеются по семи скважинам (Ценогорская, Оменская, Койнасская, Сафоновская, Уфтюга, Усть – Няфтинская и Лешуконская).

В разрезе преобладают аргиллиты, содержащие прослой алевролитов и песчаников, редко в средней части разреза прослой туфогенных и карбонатных пород. Коэффициент песчаности не превышает значений 0,1, и только в скважине Сафоновская в разрезе насчитывается 15 % песчаников и алевролитов. Наибольшая суммарная мощность песчаников отмечается в скв. Уфтюга, где она достигает 60 м.

Наихудшие коллекторские свойства имеют глубокопогруженные песчаники и алевролиты Пешского прогиба.

Улучшение коллекторских свойств наблюдается в Сафоновском прогибе. Открытая пористость здесь составляет 5,08 – 7,99 %. Близкие значения отмечаются в скв. Оменская и Лешуконская. В остальных скважинах среднеарифметические значения открытой пористости

песчаников и алевролитов не превышают 5 % и колеблются от 1,04 до 9,12 %.

Породы редкинского горизонта отличаются пониженной газопроницаемостью, чаще всего не превышающей $0,001 \cdot 10^{-15} \text{ м}^2$, а при наличии трещиноватости повышающейся до 4,1–20 (Ценогорская), 16 (Уфтюга), $7,2 - 34,5 \cdot 10^{-15} \text{ м}^2$ (Койнасская).

Гдовский горизонт представлен алевролитами, аргиллитами и песчаниками. В составе горизонта преобладают алевролиты и песчаники. Коэффициент песчаности достигает 0,15. Максимальная мощность песчаников (23 м) отмечается по скв. Усть – Снопинская.

На западе (Лешуконская впадина) в составе гдовского горизонта преобладают алевролиты, в которых встречаются подчиненные пласты и прослои глин. В более восточных разрезах (скв. Сафоновская, Койнасская – опорная) алевролиты преобладают лишь в нижней части разреза. Верхняя же половина разреза характеризуется частым чередованием сравнительно маломощных прослоев алевролитов и глин. Последние, судя по результатам анализов, практически газонепроницаемы и могут служить зональной крышкой в восточной части впадины. Наиболее глинистым является разрез Оменской скважины.

Открытая пористость пород – коллекторов изменяется от 5,15 до 11,97 % (скв. Койнасская – опорная). Максимальные средние значения открытой пористости наблюдаются в скважинах Оменская – 7,24 % (2 образца) и Сафоновская – 6,16 % (4 образца). Наиболее представительные аналитические определения (22) из скв. Койнасская – опорная дали среднее значение открытой пористости коллектора 7,75 % (9 образцов – более 5 %).

Котлинский горизонт повсеместно распространен на исследуемой территории. Породы горизонта представлены глинами, алевролитами и песчаниками. Мощности выдержаны по площади и колеблются от 52 м в скв. Усть – Снопинская до 444 м в скв. Уфтюга и 478 м в скв. Оменская.

Улучшение коллекторских свойств отмечается снизу вверх по разрезу котлинского горизонта. В восточных разрезах Притиманья бурозветные породы появляются в самом низу разреза.

Отличительной чертой горизонта является появление в его разрезе бурых, буровато – коричневых и серо – бурых алевролитов, глин и аргиллитов. Песчаники в основном полимиктового состава, реже кварцполевошпатового.

Определения петрофизических свойств пород, имеющиеся по всем пробуренным скважинам, за исключением Усть–Снопинской и Усть–Пинежской, показывают улучшение коллекторских свойств пород котлинского горизонта по сравнению с нижележащими породами.

Открытая пористость песчаников варьирует от 2,7 до 26,01 %. Средневзвешенные значения открытой пористости коллекторов колеблются в пределах от 6,47 (скв. Койнасская – опорная) до 16,86 % (скв. Уфтуга). В целом намечается тенденция к улучшению коллекторских свойств песчаников к югу Мезенской синеклизы, во впадинах центральной части значения открытой пористости близки к 10 % (Сафоновская – 9,95 %; Лешуконская – 11,3 %; Ценогорская – 9,52 %). Ухудшаются коллекторские свойства песчаников котлинского горизонта в восточном направлении.

Плотность алевролитов и песчаников составляет 2,05–2,48 г/см³.

Газопроницаемость колеблется от $0,01 \cdot 10^{-15}$ до $160 \cdot 10^{-15}$ м².

Мезенский горизонт, венчающий разрез вендских отложений, широко распространен в пределах Мезенской синеклизы. Он представлен песчаниками, алевролитами и глинами. В нижней и средней частях отдельных разрезов скважин заметное развитие имеют песчаники и алевролиты, а в самой верхней части залегают глины.

Породы горизонта преимущественно буроцветные, изредка – зеленовато–серые.

Открытая пористость колеблется от 7,5 до 20 %, газопроницаемость $(0,001 – 0,33) \cdot 10^{-15}$ м², трещинная до $10 \cdot 10^{-15}$ м². Пласты глин не выдержаны.

По материалам БКЗ в разрезе мезенского горизонта валдайской серии выделяется до 25 пластов – коллекторов.

По результатам определения петрофизических свойств песчаников и алевролитов коллекторы мезенского горизонта характеризуются как низко–, среднеемкие. Открытая пористость песчаников колеблется от 4,94 до 31,2 %. Средние значения пористости 10,5–17,78 %.

2.2.5. СТРУКТУРА ОСАДОЧНОГО ЧЕХЛА

В строении осадочного выполнения Мезенской синеклизы имеются существенные различия, так как в разрезе отмечаются значительные несогласия. Каждый из выделяющихся комплексов: синрифтовый, синеклизный и

плитный — отличается от других условиями залегания и внутренней структурой.

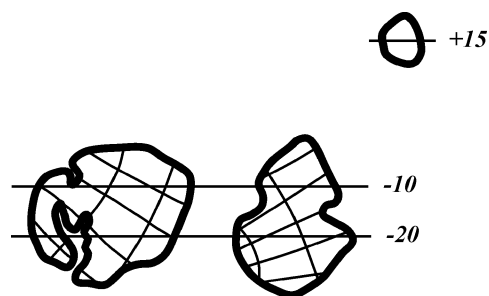
Синрифтовый рифейский комплекс в основном выполняет рифтовые зоны региона. В пределах горстовых зон общие мощности рифейского комплекса весьма незначительны и редко достигают 1 км.

Внутренняя структура комплекса, по — видимому, как и в других регионах, определяется рельефом фундамента. Вместе с тем, подвергнувшись некоторому сжатию в эпохи столкновения плит, рифейские отложения, выполняющие рифтовые зоны, подверглись дополнительной деформации, благодаря чему в этих зонах сформировались контрастные структуры, независимые от рельефа фундамента. Они отмечаются на ряде профилей МОВ значительными углами падения на крыльях структур, достигающих 50–10°.

Следует заметить, что эти же эпохи оказали существенное влияние и на основные зоны разломов. Во время рифтогенеза, обусловленного общей деструкцией континентальной окраины, к которой тяготела Мезенская синеклизы, разломы, ограничивающие зоны рифтов развивались, как сбросы. В эпохи столкновения, которые датируются вендом, девоном и пермью, территория бывшей окраины подвергалась общему сжатию. В результате некоторые разломы, особенно ограничивающие рифтовые зоны с востока, преобразовались во взбросы, по которым были частично надвинуты на синрифтовый комплекс (рис. 9). Они в той или иной степени проникают в осадочный чехол синеклизы.

Пинежский рифт протягивается на 250 км при ширине около 100 км. Поверхность фундамента в его пределах прослеживается на глубинах 3,5–4 км. В южной части рифта намечается крупное пологое поднятие фундамента, ориентированное вдоль оси рифта.

Рис. 9. Реконструкции Восточно-Европейского и Сибирского материков в среднем рифее (по В.П. Родионову, 1983)



К востоку от Лешуконско–Пинежского рифта располагается обширный Мезенский горст, в юго–западной части которого выделяется Вашкинская ступень, отделенная от него зоной разлома. В центральной части горста располагается Койнасское поднятие, околтуренное изогипсой 3 км.

На юго–восточном окончании Мезенского горста выделяется Косланское поднятие. Поверхность фундамента в пределах Вашкинской ступени имеет общий наклон на восток.

В центральной части ступени и вдоль ограничивающих ее с запада разломов выделяется ряд крупных поднятий по поверхности фундамента.

Расположенный на юге синеклизы Котласский рифт, в отличие от всех описанных выше структур, имеет северо–восточное простирание. Это, по сути дела, восточное окончание рифтовых зон, протягивающееся через всю Московскую синеклизу. Время формирования этих рифтовых зон, видимо, несколько отличается от времени формирования общей структуры в пределах Мезенской синеклизы.

Наименее изученной рифтовой зоной является Онежский (Двинский) рифт, непосредственно протягивающийся вдоль выступа Ветреного пояса. Редкой сетью сейсмических профилей охвачена только его южная часть, выделяемая как Верхне–Тойменский грабен. Поверхность фундамента в его пределах погружается до глубин 2,5–4,0 км.

В результате проведенных сейсмических исследований МОВ начала 70–х годов в западной части Мезенской синеклизы выделены отражающие горизонты К и L, характеризующие поверхность и внутреннюю структуру рифейского комплекса.

По горизонтам К и L выявлен ряд структурных перегибов: Кимженский, Восточно–Кимженский, Веркольский, Уфтюгский, Усть–Няфтинский, Койнасский, Елькибский. Детально изучены Усть–Няфтинское и Уфтюгское локальные поднятия, проведены поисковые сейсмические работы МОВ на Кимженской и Елькибской площадях. Их характеристика приведена в табл. 5.

Кимженское локальное поднятие выявлено по горизонтам К и L. По горизонту L вырисовывается крупная складка размерами 25·15 км с амплитудой более 150 м. Углы наклона крыльев достигают 5°. По горизонту К вблизи кровли рифейских отложений строение складки более простое: амплитуда уменьшается до 70–80 м, углы наклона крыльев не

превышают 1–2°. В рельефе горизонтов 5 и 7 (средний карбон – нижняя пермь) структура практически не выражена.

Юго–восточнее от Кимженского поднятия расположено Восточно–Кимженское, близкое к нему по характеристике. Оба поднятия – структуры позднерифейского заложения, унаследованно развивающиеся в вендское время.

Усть–Няфтинское локальное поднятие находится в прибортовой северо–восточной части Лешуконского рифта. По горизонту К Усть–Няфтинская структура, оконтуренная изогипсой –2000 м, имеет северо–западное простирание, подчиненное ориентировке тектонических нарушений, осложняющих северо–восточный борт Лешуконского прогиба. Размеры ее 18× ×10 км, амплитуда около 80 м. Вверх по разрезу амплитуда структуры и ее размеры уменьшаются. По горизонту 7 (вблизи подошвы среднекаменноугольных отложений) структура, оконтуренная изогипсой 750 м, имеет размеры 5,0×4,5 км с амплитудой около 50 м.

Таблица 5

Характеристика локальных поднятий Мезенской синеклизы

Поднятие	Размеры, км	Площадь, км ²	Амплитуда по ОГ, м			Примечание
			ОГ – 7	ОГ – 10	СГ – К	
Пешский рифт:						
Заворотное	15×12	140	–	75	–	Пробурено 2 скв.
Медвежье	10×18	150	–	70	–	
Усть – Сно – пинское	25×13	280	–	80	–	
Сафоновский рифт:						
Мосеевское	13×8	90	60	–	80	Пробурена 1 скв.
Нижнесуль – ское	7×8	50	60	–	–	Пробурено 3 скв.
Койнасское	4,5×8	35	60	–	–	
Мезенско – Ва – шкинская сту – пень:						
Лофтурское	22×21	420	–	–	200	Выявленное, амплитуда, по ОГ
Айпинское	12×11	130	–	–	70	Выявленное
Лешуконский рифт:						
Усть – Няф – тинское	14×7	90	–	–	50	Пробурена 1 скв.
Кимженское		134	–	–	100	Двухкупольное
Рюхинское	3×5	12	30	–	35	
Верхне – Пинежский рифт:						
Уфлюгское		40		–	30	Пробурена 1 скв.
Южно – Уф – люгское		20			50	
Западно – Уфлюгское		70			50	
Карпогорское	26×22	400			100	Выявленное

По горизонту L Усть – Няфтинской структуре отвечает моноклинал, погружающаяся в восток – северо – восточном направлении, где она срезается тектоническим нарушением. Таким образом, Усть – Няфтинская структура имеет навешенный, инверсионный характер. Судя по характеру развития авлакогенов и грабенообразных прогибов, структуры

такого типа должны быть широко развиты в их прибортовых частях.

Уфтыгское локальное поднятие находится в пределах юго-восточной части Беломорско-Онежского авлакогена. В результате сейсморазведочных работ 1975 г. над одноименным выступом фундамента в авлакогенном комплексе по горизонту L выявлена антиклинальная структура, свод которой размыт. Площадь ее внутри изогипсы –2600 м около 200 км², амплитуда более 100 м. Северо-восточное крыло относительно крутое с углами падения 4–6°, юго-западное пологое (1–2°). Мощность и, вероятно, стратиграфический объем рифейских отложений увеличиваются в сторону погруженных частей. По данным геофизических работ, мощности рифейских отложений увеличиваются от 200 м в присводовой части до 1000 м в периферийных частях структуры и до 2000 м в прилегающих прогибах.

По горизонту К Уфтыгская структура представляет собой брахиантиклиналь северо-западного простираения, оконтуренную изогипсой –2400 м. В пределах структуры выделяются два свода: северный, оконтуренный изогипсой –2375 м, и южный – оконтуренный изогипсой –2350 м. Амплитуда куполов около 50 м. В восточном от Уфтыгской структуры направлении моноклиальное погружение по горизонту К осложняется серией параллельных тектонических нарушений типа взбросов, которые приурочены к зоне сочленения Уфтыгского выступа фундамента и Верхне-Пинежского прогиба.

Елькибское локальное поднятие находится в южной части Мезенско-Вашкинской зоны поднятия. По горизонту К структура имеет размеры 20×12 км и амплитуду до 150 м. Структура четко выражена по всем горизонтам плитного комплекса, причем отмечается существенное, до 10 км, смещение свода по среднекаменноугольно-нижнепермским отложениям на восток.

Кроме традиционных структурных ловушек в Мезенской впадине могут быть достаточно широко развиты ловушки неструктурного типа.

2.2.6. ОБЪЕКТЫ ПОИСКОВО-РАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

В разрезе докембрийских отложений Мезенской синеклизы следует выделить два потенциально нефтегазоносных комплекса: рифейский и вендский.

На это справедливо указывают В.П. Гаврилови др. [4], В.И. Ермолкин и др. [8, 10], А.Н. Золотов [12], И.В. Постникова [22], Д.Л. Федорови др. [28].

Рифейский комплекс представлен в основном терригенными породами мощностью до 2–3,5 км. Породы комплекса содержат РОВ сапропелевого типа, концентрация $C_{орг}$ – 0,15–0,5 %, ХБ – 1,5–1,6 %. РОВ преобразовано до МК₂–МК₃ стадий катагенеза. Генерация УВ в породах ПНГК носила прерывистый характер, их активация предполагается в предвендское и позд–непермское время. Во вскрытом бурением разрезе выделяются многочисленные пласты и пропластки песчаников и алевролитов (коэффициент песчаности от 0,2 до 0,4), характеризующихся высокой плотностью, низкими значениями открытой пористости и газопроницаемости. Однако для отдельных разностей пород разреза характерна повышенная трещиноватость и пористость, достигающая в отдельных скважинах значений более 10 %. Коллекторы поровые, порово–трещинные, порово–каверновые и трещинные. Покрышкой для природных резервуаров рифейского ПНГК служат аргиллиты редкинського горизонта.

Вендский комплекс выделен в составе редкинського и гдовского горизонтов, представлен аргиллитами, алевролитами и песчаниками. Аргиллиты этих горизонтов содержат РОВ сапропелевого типа, концентрация $C_{орг}$ составляет от 0,1 до 0,32 %, среднее значение ХБ – от 0,6 до 1,5 %. РОВ преобразовано от МК₁ до МК₂ стадий катагенеза. Генерация УВ в породах ПНГК происходила, вероятно, в начале мезозоя. Коэффициент песчаности разреза пород комплекса варьирует от 0,05 до 0,15. Коллекторы поровые, трещинно–поровые и трещинные, их открытая пористость достигает 20 % при газопроницаемости свыше $100 \cdot 10^{-15} \text{ м}^2$. Средняя открытая пористость коллекторов составляет около 7,5 %, проницаемость $(15–20) \times 10^{-15} \text{ м}^2$. Покрышкой для природных резервуаров комплекса являются глины и аргиллиты котлинського горизонта мощностью в 60–250 м.

Потенциальными ловушками УВ могут служить установленные сейсмическими работами локальные структуры амплитудой в 80–150 м и площадью от 20 до 200 км², а также ловушки литологического и литолого–стратиграфического типа, ловушки коры выветривания рифейских отложений и зоны тектонической трещиноватости.

Глава 3

ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ

Геодинамическая эволюция Мезенской синеклизы, рассматриваемой в настоящей работе, охватывает длительный период времени, который начинается с рифейской эры. Пройдя сложный путь развития, этот регион практически до последнего времени остается белым пятном на севере Европейской России. Оценка перспектив нефтегазоносности этого региона невозможна без знания особенностей его развития, которые определили условия формирования осадочного чехла, его структуры и вероятные очаги нефтегазообразования, связанные с благоприятными геодинамическими режимами, а также вероятные зоны аккумуляции углеводородов.

3.1. ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ ДОКЕМБРИЙСКОГО ЭТАПА РАЗВИТИЯ РЕГИОНА

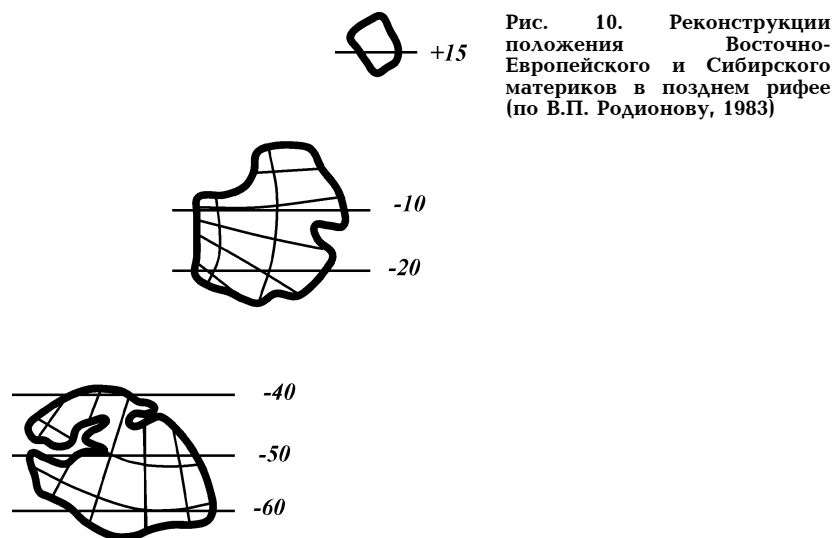
Исследования в области восстановления положения континентальных глыб в докембрии на земной сфере сталкиваются с определенными и значительными трудностями, которые не позволяют представить достаточно достоверные реконструкции для раннего докембрия. В связи с этим выполненные различными исследованиями реконструкции обычно трудно сопоставимы и часто несут противоречивую информацию об относительном положении континентов в ранние этапы геологической истории. Вместе с тем синтез отдельных работ различных исследователей, которые в различной степени дополняют друг друга, позволяет с определенной степенью допуска в общих чертах представить относительно достоверную схему взаимного расположения древних континентов.

Рассматривая современную территорию Восточно–Европейской платформы, в совокупности с примкнувшим к ней в определенный момент и расширившим ее площадь

субконтинентом, к которому относятся Печорская и Баренцевоморская плиты, в принципе можно относительно схематично представить положение материков, общее направление их движения, геодинамические обстановки и режимы, которые превалировали в различных их участках в течение позднего докембрия. Такие реконструкции выполнены В.П. Родионовым [23] для ядер древних платформ в докембрии и палеозое, а также в значительной степени более детально Л.П. Зоненшайном, М.И. Кузьминым и Л.М. Натаповым [13] для плит, составивших территорию б. СССР. Из существующих и опубликованных в настоящее время вариантов эти реконструкции представляются нам наиболее приемлемыми. Они позволяют проследить историю развития геодинамических ситуаций на современном северо–востоке Восточно–Европейского континента по крайней мере с середины рифея, когда существовали уже достаточно крупные литосферные плиты. Перемещение и взаимодействие их, по – видимому, несущественно отличались от происходивших в фанерозое. Вместе с тем огромные интервалы времени рифея по сравнению с фанерозоем, значительно отличные скорости движения плит, жесткий геотермический режим, палеогеографические условия, химический состав океана, атмосферы и многие другие факторы наложили на сформированные в это время вещественно – породные комплексы специфический отпечаток.

Согласно схеме Зоненшайна с сотрудниками, к рубежу 2000 млн. лет назад были сформированы континентальные ядра основных блоков, из которых в дальнейшем сформировался Восточно–Европейский кратон. Это Карельский, Беломорский, Кольский и Мурманский блоки, к которым на рубеже 1700 млн. лет назад присоединился Волго–Уральский блок, пояс столкновения которого отмечен Воронцовской зоной. На западе этот ансамбль нарастался за счет Свекофеннской зоны, островные дуги которой были надвинуты на Карельский и Беломорский блоки.

В среднерифейское время Восточно–Европейский континент располагался в тропической зоне несколько южнее экватора. На это указывают палеомагнитные данные и многочисленные пласты и толщи известняков и доломитов на о. Кильдин, п–ове Рыбачий, а также в образованиях Приуралья того же возраста.



Положение материков, согласно исследованиям В.П. Родионова [23] (см. рис. 9, 10) и Л.П. Зоненшайна с сотрудниками [13] (рис. 11), для рифея показано, на наш взгляд, достаточно однозначно.

Средне- и позднерифейское время характеризовалось дроблением Восточно-Европейского континента системой рифтогенов, в которых отмечается несколько трехлучевых их сочленений. В эту систему входили Волинский, Средне-Русский, Калтасинский, Московский, Пачелмский рифтогены. Последние геофизические данные указывают и на формирование в это время Днепровско-Донецкого авлакогена. В районе Тимана существовала значительная по ширине пассивная окраина, на континентальном склоне и континентальном подножии которой сформировалась мощная толща обломочных и карбонатных образований. Их мощность составляла (см. рис. 5, 11) по оценкам различных авторов до 12 км. Бровка шельфа проходила вдоль оси Тиманского кряжа. К востоку от нее начинался континентальный склон [7]. Здесь преобладали тонкозернистые разности пород, в которых отсутствовали конгломераты и песчаные прослои. Вдоль бровки, которая в течение рифея имела тенденцию проградации в сторону океана, преобладали карбонатные и карбонатно-терригенные формации верхнего рифея с многочисленными биогермами.

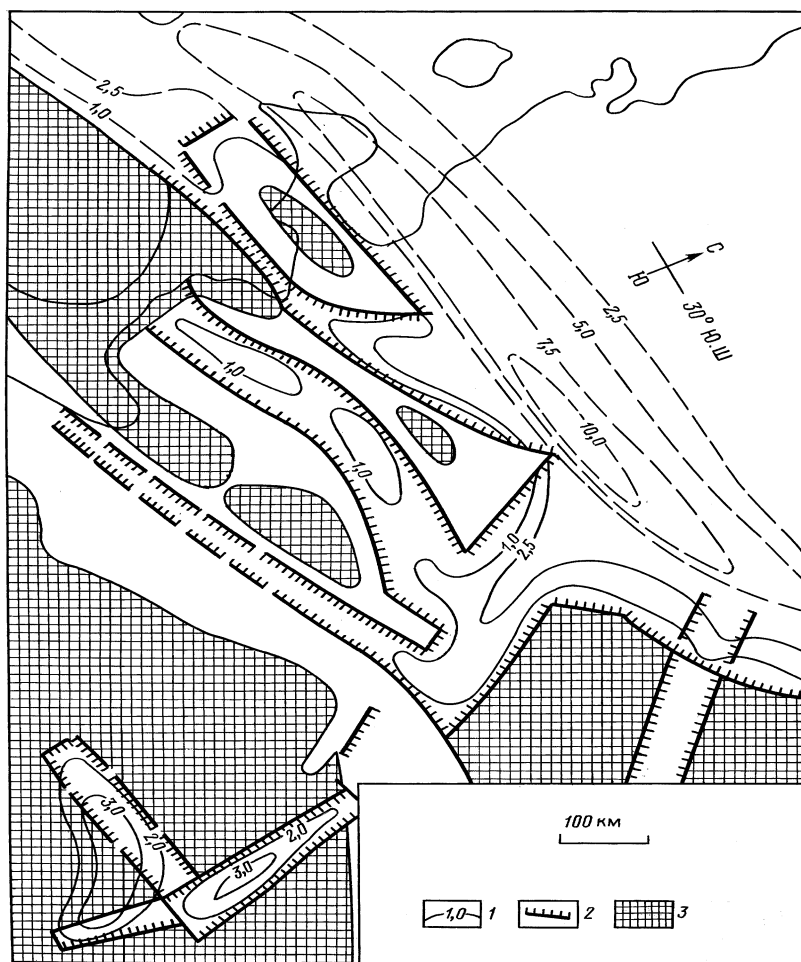


Рис. 11. Палеогеодинамическая схема рифея Мезенского региона (по Л.П. Зоненшайну и др., 1990):
 1 – изопакиты рифея, 2 – разломы, 3 – области отсутствия рифейских отложений

Шельфовая зона охватывала современную Мезенскую синеклизу. Основное осадконакопление в ее пределах шло главным образом в рифтовых зонах, образовавшихся благодаря деструкции пассивной окраины, находившейся в рифейское время в условиях растяжения, характерных для спрединга. Формирование мощной линзы осадков вдоль

Тиманской континентальной окраины, вероятно, происходило за счет существующей в ее пределах крупной дельтовой системы рек, долины которых протягивались по системе рифтогенных прогибов Мезенской и Московской синеклиз. В рифее шло активное образование рифтовых зон, на что указывают и мощности накопившихся в них осадков, достигающих 2,5–3,0 км. На наш взгляд, именно такая геодинамическая обстановка была характерна для рифейского этапа геологической истории Мезенского региона, которая никак не связана с процессами рифтогенеза [20, 21, 24, 27].

Формирование осадочных образований на востоке региона в пределах ныне выделяемых Сафоновского, Пешского и Вычегодского прогибов происходило в более морских условиях. Здесь, как и в пределах Тиманской окраины, господствовала восстановительная геохимическая обстановка, что способствовало сохранности органических остатков, представленных в рифее главным образом водорослевыми растениями, фитопланктоном, приносимыми реками континентальными растениями, а также всевозможными микроорганизмами.

На западе Мезенской области прогибания, расположенной ближе к источникам сноса, которые находились в основном на Балтийском щите, геодинамические обстановки позволяют предполагать наличие более широкого набора фациальных образований. Поэтому здесь отмечаются аллювиальные, прибрежно–морские и лагунные фации. Красноцветность осадков обусловлена большим сносом с Балтийского щита соединений окисного железа.

К концу рифея процессы рифтогенеза замедлились. Образовавшиеся грабены полностью заполнились осадками, которые начали покрывать существующие выступы фундамента (см. рис. 5). К этому моменту следует относить начало синеклизного этапа развития региона. Он охватил последующий этап венд–кембрийского времени. Синхронными этому времени осадками была покрыта вся область прогибания, соответствующая шельфу Мезенской пассивной континентальной окраины.

Наличие вулканогенно–обломочных образований в составе раннего венда указывает на приближение к Мезенской окраине вулканической дуги, располагающейся на активной континентальной окраине. Такая геодинамическая обстановка отражена на рис. 12.

На Восточно–Европейский материк, находившийся в южном полушарии, с севера надвигалась Печорская плита, под которую осуществлялась субдукция океанической коры. Ее реликты, по – видимому, сохранились в подкоревой мантии и отражены плотностными границами, следящимися восточнее Тимана (рис. 13).

Коллизионные процессы происходили в древлянское время, после чего характер тектонических движений резко изменился. Столкновение плит обусловило формирование надвиговой, чешуйчатой структуры Тимана. Действительно, многие исследователи отмечают, что большинство разломов, осложняющих Мезенский, Тиманский и Печорский регионы и имеющих се –

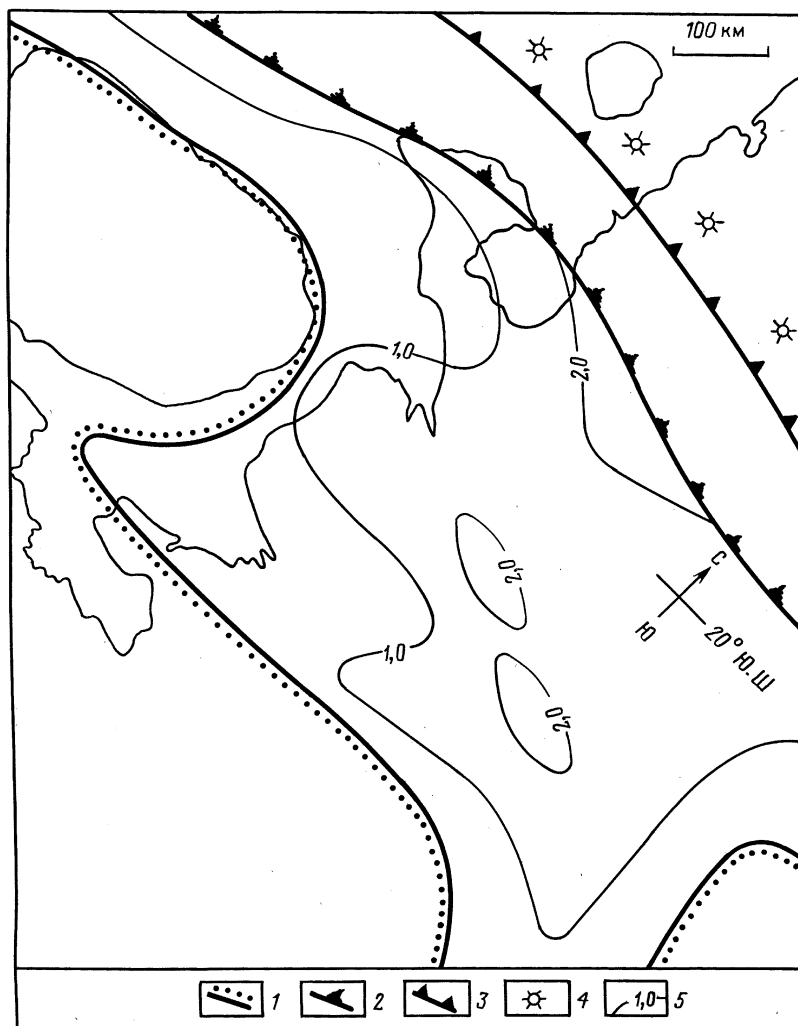


Рис. 12. Палеогеодинамическая реконструкция Мезенского региона, 600 млн. лет назад, конец венда (по Л.П. Зоненшайну и др., 1990, с добавлениями):
 1 – граница суша – море, 2 – бровка шельфа, 3 – зона субдукции, 4 – вулканическая дуга, 5 – изопахиты венда

веро-западное простирание, имеют взбросово-надвиговый характер с наклоном зон разломов на северо-восток (В.И. Башилов и др., 1975; В.А. Дедеев и др., 1969, 1974; Б.М. Келлер, 1973). Эти факты легли в основу современной

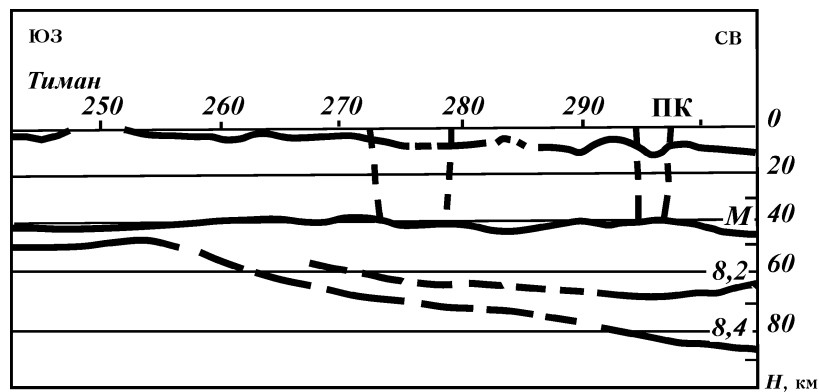


Рис. 13. Фрагмент регионального сейсмического профиля Харьков – Воркута

геодинамической модели Мезенского и Тимано–Печорского регионов (рис. 14).

К поздневендскому этапу относится постепенное расширение осадочных бассейнов в пределах всей площади континента. Это, по-видимому, было вызвано подъемом эвстатического уровня океана за счет общего потепления климата Земли при активно протекающих процессах спрединга в существовавших океанических пространствах. В результате осадками позднего венда покрыто более половины площади Восточно–Европейского континента. В составе их начинают преобладать глинисто–алевролитовые фракции морского генезиса, часто обогащенные органическим веществом (редкинская свита). Этот геодинамический режим,

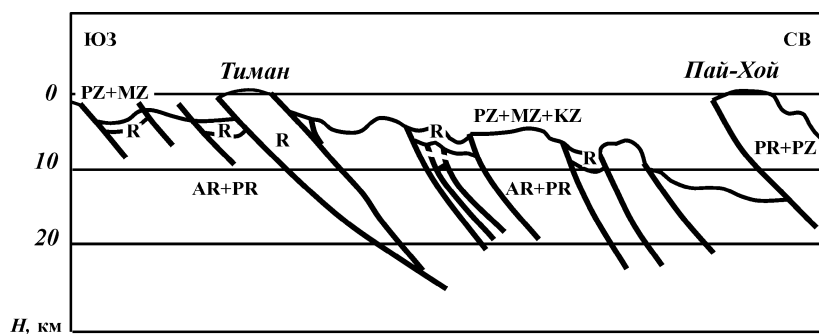


Рис. 14. Геодинамическая схема современного строения Тимано-Печорского региона

соответствующий активной синеклизной стадии, продолжался до раннекембрийского времени, о чем свидетельствует отсутствие перерыва между вендом и балтийской серией, содержащей сходные по составу отложения.

Следствием коллизии в пределах Тимана явилось смятие 10–12 км толщи рифея, накопившейся вдоль континентальной окраины. Этот процесс активизировал нефтегазообразование и способствовал выжиманию углеводородов из линзы осадков в расположенные в пределах шельфа осадки рифея и, возможно, венда.

3.2. ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ РЕГИОНА В ФАНЕРОЗОЕ

Если восстановление положения континентов в докембрии является сложнейшей проблемой, то фанерозойские реконструкции для большинства исследователей — задача, решаемая значительно эффективнее. Тем более что для последних 160 млн. лет положение плит рассчитывается с большей точностью путем совмещения одновозрастных магнитных аномалий. Для более древних периодов положение континентов восстанавливается с использованием палеомагнитных и палеоклиматических данных.

Для территории Евразии с различной степенью детальности реконструкции фанерозоя выполнены многими исследователями, но наиболее приемлемыми, на наш взгляд, являются палеозойские реконструкции В.П. Родионова [23] (рис. 15–18) и охватывающие больший промежуток времени с большей детальностью реконструкции Л.П. Зоненшайна с сотрудниками [13] (рис. 19–24).

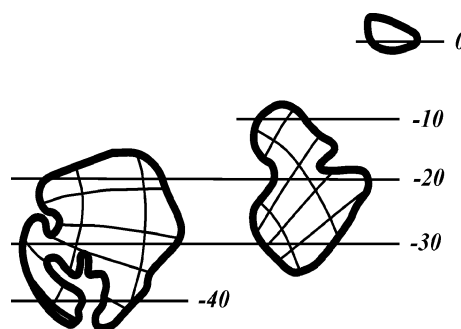


Рис. 15. Реконструкции положения материков в среднем кембрии (по В.П. Родионову, 1983)

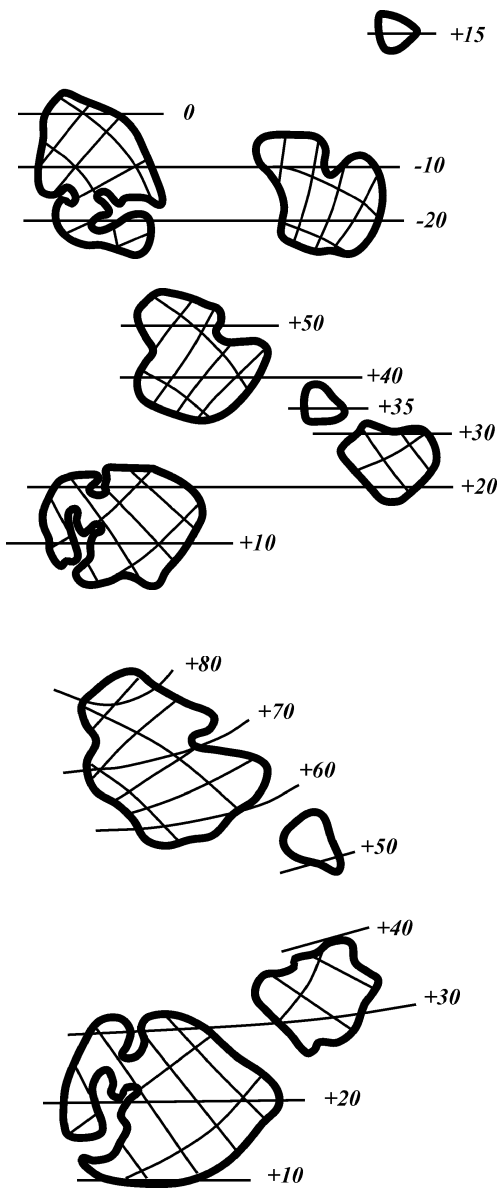


Рис. 16.
Реконструкции
положения
материков в раннем
ордовике (по В.П.
Родионову, 1983)

Рис. 17.
Реконструкции
положения
материков в позднем
девоне (по В.П.
Родионову, 1983)

Рис. 18.
Реконструкции
положения
материков в поздней
перми (по В.П.
Родионову, 1983)

Анализ серии реконструкций позволяет представить эволюцию Мезенской синеклизы в фанерозойский эон.

В кембрийский период Восточно–Европейский и Сибирский континенты находились в южном полушарии планеты (см.

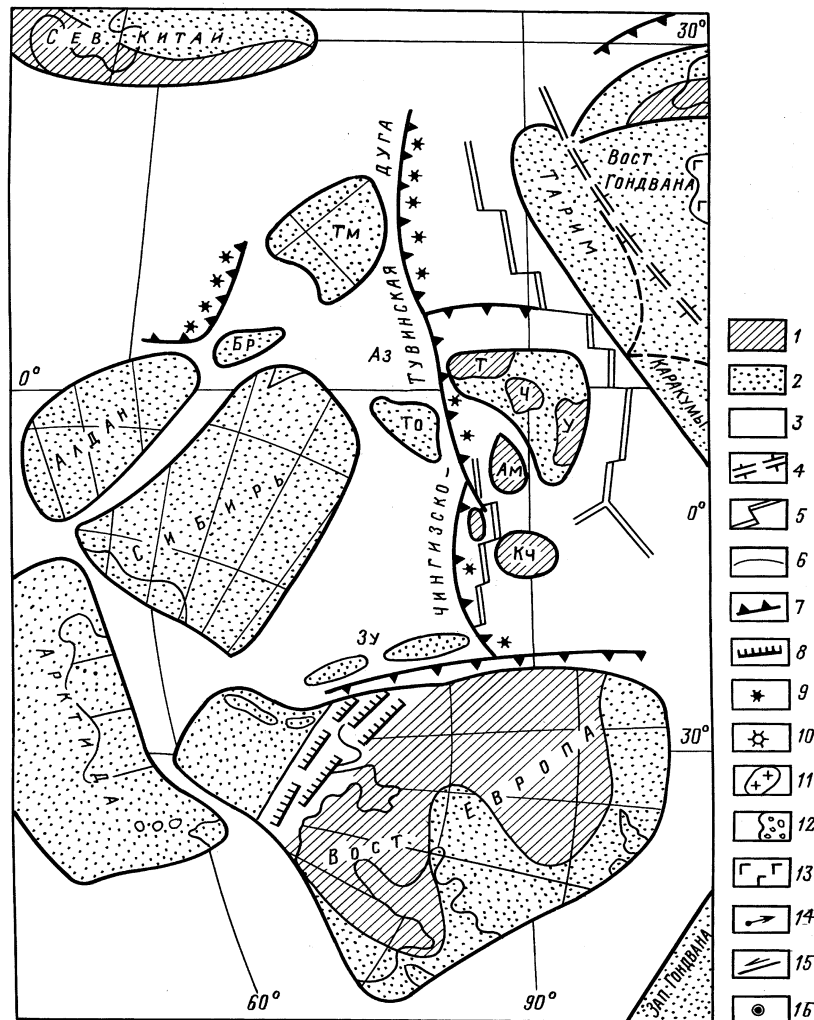


Рис. 19. Палеогеодинамическая схема раннекембрийской эпохи (по А.П. Зоненшайну и др., 1990):

1 – суша, 2 – мелководные моря, 3 – океанические бассейны, 4 – континентальные рифты, 5 – оси спрединга, 6 – трансформные разломы, 7 – зоны субдукции, 8 – зоны столкновения, обдукции, складчатости, 9 – известково-щелочной вулканизм островных дуг и активных континентальных окраин, 10 – щелочной вулканизм горячих точек, 11 – граниты и гранито-гнейсовые купола, 12 – молассовые впадины, 13 – траппы, 14 – палеомагнитные векторы и значения палеоширот, 15 – сдвиги, 16 – географический Северный полюс. Буквами обозначены докембрийский и другие массивы и крупные чужеродные блоки: Ам – Атасу–Моинтинский, Бр – Баргузинский, Т – Северо–Тянь–Шаньский, Тм – Тувино–Монгольский, У – Улытауский, Ч – Чуйский, Зу – За–уральск
 Кз – Кокчетавский; Аз – палеоазиатский океанический бассейн

Анализ серии реконструкций позволяет представить эволюцию Мезенской синеклизы в фанерозойский эон.

В кембрийский период Восточно-Европейский и Сибирский континенты находились в южном полушарии планеты (см.).

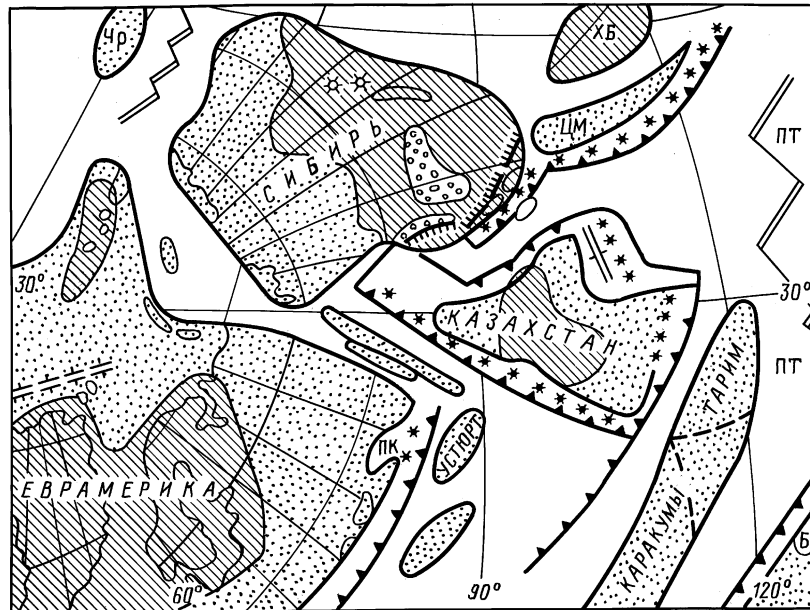


Рис. 20. Палеогеодинамическая схема раннекаменноугольной эпохи.

Докембрийский и другие массивы и крупные чужеродные блоки: Б – Байсунский, Чр – Черский, ХБ – Хингано-Буреинский, ЦМ – Центрально-Монгольский; океанические бассейны: ПК – Прикаспийский, ПТ – Палеотетис. Условные обозначения см. на рис. 19

рис. 15, 19). Мезенская синеклиза располагалась на широте 30°, отвечающей умеренному климату. В районе Тимана (см. рис. 20) все еще продолжались коллизионные процессы, начавшиеся в венде.

Последующее время, начиная со среднего кембрия до середины каменноугольного периода, на территории региона длился континентальный перерыв, охвативший интервал более 220 млн. лет. За этот промежуток времени Восточно-Европейский материк смещался в северном направлении (см. рис. 16, 17, 20) и достиг к началу среднего карбона северных широт 20–30°. В соседних с Мезенской синеклизой регионах в этот период существовали мелководные шельфовые моря, что в приэкваториальной зоне зафиксировалось отложением, главным образом карбонатным седиментогенезом.

В течение среднего карбона море проникло в пределы синеклизы и продолжало существовать здесь до мезозоя (см. рис. 18, 21–24). В этот период времени Восточно-Европейский ма-

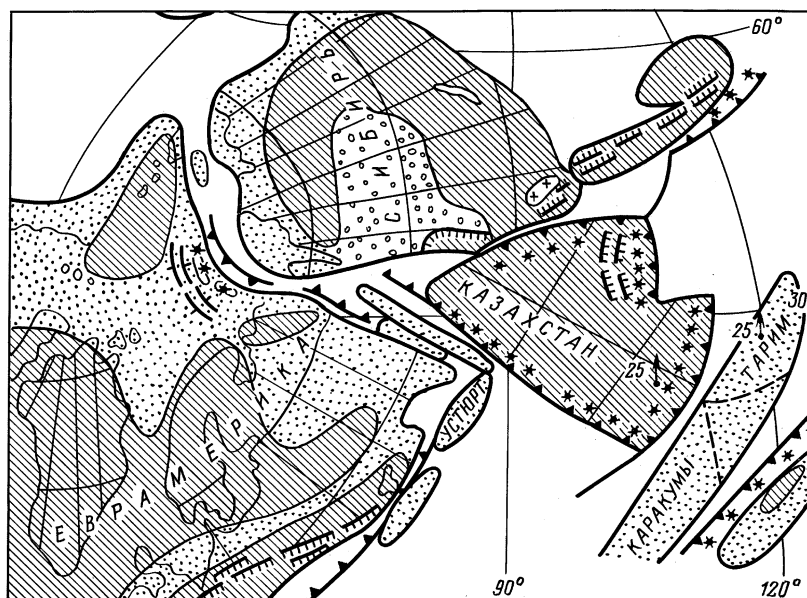


Рис. 21. Палеогеодинамическая схема среднего карбона.
Условные обозначения см. на рис. 19

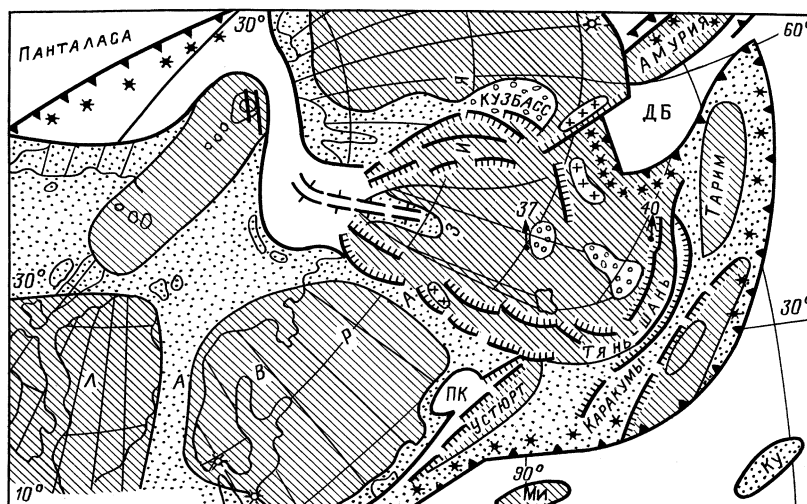


Рис. 22. Палеогеодинамическая схема ранней перми.
Докембрийский и другие массивы и крупные чужеродные блоки: Ми — Мизийский, Ку — Курговатский; океанические бассейны: ПК — Прикаспийский, ДБ — Джунгаро-Балхашский. Условные обозначения см. на рис. 19

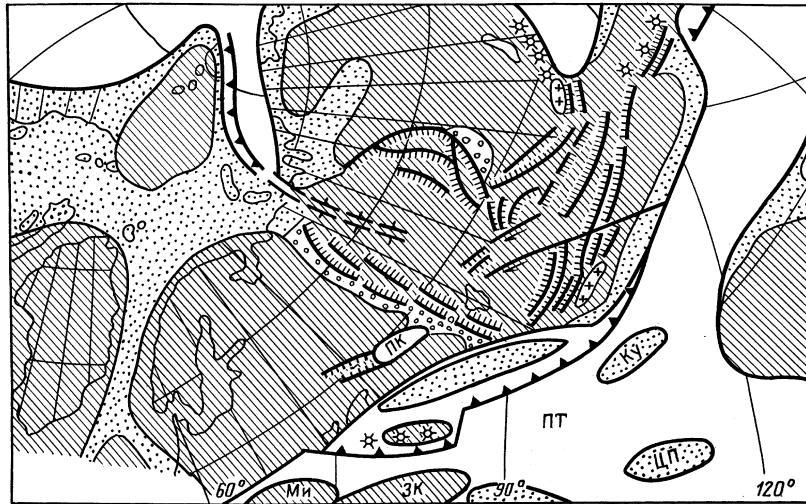


Рис. 23. Палеогеодинамическая схема конца пермского периода.

Докембрийский и другие массивы и крупные чужеродные блоки: Ми – Мизийский, Зк – Закавказский, ЦП – Центральный Памир, Ку – Курговатский; океанические бассейны: ПТ – Палеотетис, ПК – Прикаспийский. Условные обозначения см. на рис. 19

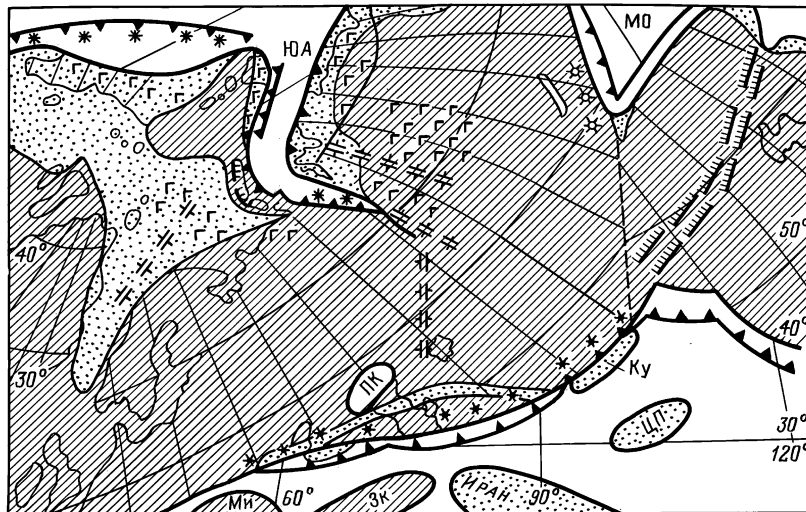


Рис. 24. Палеогеодинамическая схема конца триаса.

Докембрийские и другие массивы и крупные чужеродные блоки: Ми – Мизийский, Зк – Закавказский, Ку – Курговатский, ЦП – Центральный Памир; океанические бассейны: ПК – Прикаспийский, МО – Монголо-Охотский, ЮА – Южно-Ансотский. Условные обозначения см. на рис. 19

терик с примкнувшими к нему блоками литосферы, в частности Печорской и Баренцевской плитами, продолжал движение в северном направлении.

В ранней перми (см. рис. 18) закрылся Уральский океан. При этом существующие в нем островные дуги были надвинуты на Волго–Уральскую пассивную окраину, а также окраину Печорской плиты, что определило нефтегазоносность плитного комплекса в их пределах. Эта коллизия во многом аналогична венд–кембрийской коллизии, происшедшей на Тимане. Механизм “выжимания” углеводородов из осадков, накопившихся вдоль окраины, в обоих случаях единый, только датируется различным временем. Следовательно, если пермская коллизия определила нефтегазоносность в Волго–Уральском регионе, нефтегазоносность всего накопившегося к моменту ее проявления разреза от докембрия до каменноугольных толщ, то вендская коллизия на Тимане должна была определить нефтегазоносность исключительно докембрийской рифейской толщи. Некоторые обстоятельства, связанные, во–первых, с проявлением магматизма в девоне и, во–вторых, с коллизиями в перми на Урале, могли способствовать некоторому частичному переформированию образовавшихся ранее скоплений за счет вертикальных перетоков по зонам разломов.

Мезо–кайнозойский этап развития проходил в пределах Мезенской синеклизы спокойно, так как основные активные процессы протекали на большом удалении и не оказали ощутимого влияния на перераспределение углеводородов в разрезе.

Глава 4

АНАЛИЗ ЗАКОНОМЕРНЫХ СВЯЗЕЙ РИФТОВЫХ ЗОН И НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ (НА ПРИМЕРЕ РОССИЙСКИХ РЕГИОНОВ)

Полуторавековая практика поисковых работ на нефть и газ позволила накопить огромный геолого–геофизический материал о строении различных регионов мира и во многом познать основные закономерности распределения в разрезе осадочных бассейнов скоплений углеводородов. Внедрение в практику исследований геодинамических подходов привело к необходимости пересмотра причин и закономерностей генезиса и распределения нефти и газа в литосфере. Установлено, что процессы образования и накопления углеводородов, как и большинства полезных ископаемых, определяются, прежде всего, геодинамическим режимом недр. Только некоторые из них создают условия в определенных участках литосферы, благоприятные для активного образования углеводородов. Одним из таких регионов является рифтогенный. При этом режиме формируются внутриконтинентальные и окраинно–континенталь–ные рифтовые пояса и зоны.

Исследования современных акваторий, нашедшие отражение в работах В.П. Гаврилова, А.А. Геодекяна, Л.Э. Левина, В.Е. Хаина и других исследователей, показывают, что практически все скопления углеводородов приурочены к рифтам и континентальным окраинам различного типа. Нет сомнений, что эти закономерности были присущи таким же структурам и в прошлые геологические этапы развития планеты, когда существовали исчезнувшие ныне океаны Уральский, Япетус, Панталаса, Тетис и другие, которые и определили современную нефтегазоносность внутриконтинентальных и окраинных регионов.

Тесная связь месторождений нефти и газа с рифтами отмечается в исследованиях В.П. Гаврилова, Б.А. Соколова,

Е.В. Кучерука, С.А. Ушакова и др. Ими рассмотрены процессы, протекающие в рифтовых зонах, предложены механизмы преобразования органического вещества в углеводороды.

Рифтовые пояса, зоны и отдельные рифты встречаются в океанах, на континентах и в акваториях окраинных морей. По определению Е.Е. Милановского, под рифтами понимают линейно вытянутые полосовидные области высокого термического режима недр, в которых происходит подъем нагретого мантийного вещества, его растекание вдоль подошвы литосферы с частичным проникновением в земную кору. Следствием этого процесса являются подъем коры вдоль такой области и образование вдоль осевой части поднятия провала — грабена. Происходит утонение земной коры до 25–30 км на континентах и до 5–7 км в океанах, резко возрастает тепловой поток, что вызвано близостью мантии, проявлением вулканизма и связанным с ним флюидным потоком (рис. 25).

Современные представления позволяют выделить континентальные и океанические рифтовые пояса и зоны, которые распространены в одноименных пространствах планеты. Они приурочены к дивергентным границам литосферных плит и в своей эволюции трансформируются друг в друга. Последняя происходит на рифтогенном геодинамическом режиме, который сопровождается активным спредингом. Он может иметь различные временные интервалы, в результате чего рифтогенез может пройти все

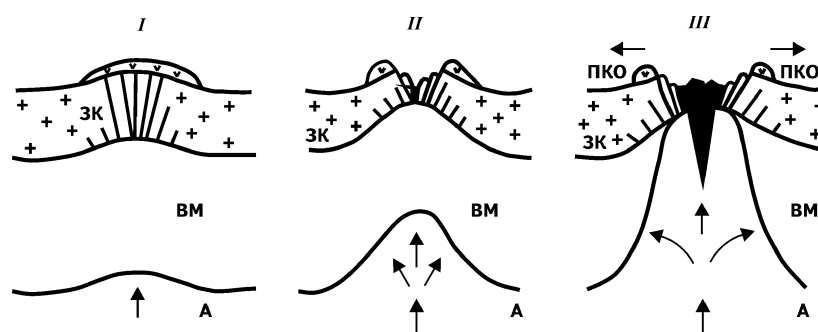


Рис. 25. Схема формирования рифтовых зон и пассивных континентальных окраин:
 I — фаза начальной деструкции литосферы, II — фаза рифта; III — фаза спрединга; ЗК — земная кора, ВМ — верхняя мантия, А — астеносфера, ПКО — пассивная континентальная окраина

стадии, характерные для этапа океаногенеза, а может остановиться на ранних фазах.

Кроме дивергентных границ в ряде случаев процессы рифтогенеза происходят в зонах конвергенции при субдукционном геодинамическом режиме. Он проявляется в тылу островной дуги, в пределах окраинного моря, вследствие возникновения тылового спрединга над участком погружающейся в мантию океанической литосферы. При этом идут процессы, во многом сходные с процессами, которыми сопровождается рифтогенез на дивергентных границах.

Таким образом, все виды рифтогенеза типичны исключительно для этапа океаногенеза, характеризующегося накоплением морских осадков. Это указывает на их важнейшую роль в процессах генезиса углеводородов, которые происходят на рифтогенном режиме.

Рифтогенез начинается во внутренних областях континента. Он проходит несколько этапов, при которых происходит трансформация по следующей схеме: континентальное поднятие — континентальный рифт — морской рифт — окраинно-континентальный рифт. С момента образования грабена-провала рифтовая зона начинает заполняться осадочным материалом, главным образом континентального происхождения. Это связано, прежде всего, с тем, что плечевые участки рифта резко приподняты и все водные потоки стекают с них в прилегающие низменные участки материка.

По мере протекания процессов спрединга рифт расширяется и трансформируется в морской. В начальные моменты этого перехода море эпизодически попадает в рифтовую зону и оставляет в разрезе индикатор — толщу эвапоритов, выпавших в осадок из начальных порций океанической воды. После этого море захватывает рифт, глубина морского бассейна постепенно достигает океанической. Вдоль бортовых участков такого рифта происходит седиментация морских фаций. В дальнейшем рифт трансформируется в океан, а его бортовые участки — в пассивные континентальные окраины.

Такая последовательность свойственна современному Атлантическому океану, на западных и восточных окраинах которого отмечается описанная выше последовательность разреза: континентальные осадки, эвапориты, морские отложения. В случае образования рифта в области

умеренного или приполярного климата эвапориты могут выпадать из разреза.

По мере остывания и утолщения литосферы происходит постепенное опускание плечевых участков рифта (континенталь-ных окраин). Этому способствуют процесс их денудации и накопление осадков на континентальном подножии. С течением времени окраины континентов покрываются мелководным морем, в котором морская седиментация охватывает часть континента и прилегающие морские пространства.

На участках рифтов, которые не достигли океанической зрелости, а прекратили развитие на относительно ранних фазах океаногенеза, происходят сходные процессы. В результате их бортовые участки втягиваются в прогибание и район рифта после продолжительного континентального перерыва покрывается морем. Этот момент является началом синеклизной стадии, которая характерна для большинства рифтогенных регионов.

Анализ нефтегазоносности регионов мира показывает, что рифтовые зоны характеризуются повышенной нефтегазоносностью. По мнению большинства исследователей, это связано с рядом причин, из которых главными являются высокая прогретость недр и благоприятные условия седиментации.

В морские рифтовые зоны с окружающих пространств континентов сносятся огромный объем осадочного материала, насыщенного органическим веществом. Значительная доля этих осадков приносится реками, дельты которых оканчиваются в рифтах. А именно дельтовые комплексы характеризуются максимальной концентрацией рассеянной органики.

Активный прогрев этих осадков за счет мантийного тепла и флюидного потока, поднимающегося по разломам в низы осадочного заполнения рифта, кроме быстрого созревания углеводородов способствует их миграции в зоны накопления.

При трансформации рифта в пассивную континентальную окраину процессы нефтегазообразования и нефтегазонакопления идут по такой же схеме, причем более активно в областях накопления мощных проградационных комплексов в дельтах крупных рек. Здесь нередко образуются эпиокеанические прогибы, осадочное наполнение которых на коре океанического типа достигает мощности в 10 – 15 км.

Иные процессы происходят на активных окраинах, где процессы рифтогенеза проявляются во впадинах окраинных морей. Задуговой спрединг приводит к растяжению континентальной литосферы, ее частичной деструкции и рифтогенезу в центральной, обычно глубоководной части моря. Тепловой поток в таком рифте по интенсивности превосходит его характеристику в рифтах другого типа за счет более мощного флюидного потока, который поднимается из зон субдукции. Согласно предложенной схеме механизма нефтегазообразования О.Г. Сорохтина, углеводороды активно образуются в зоне Беньофа из органического вещества пелагических осадков, которые попадают туда вместе с поддвигаемой плитой. Возгонка и термолит биогенных веществ в жестких термодинамических условиях зоны Беньофа, куда они попадают с погружающейся литосферной плитой, способствуют быстрому образованию нефти и газа. Вместе с флюидным потоком, идущим из зон дегидратации океанической коры, они поднимаются в верхние горизонты разреза по зонам разломов, насыщая коллекторские горизонты, и выделяются на поверхности в источниках термальных вод и вулканах. Ими насыщаются осадочные отложения задугового пространства, в том числе и задуговые рифтовые зоны. Доля этих углеводородов в общем количестве ресурсов таких рифтов зависит от продолжительности существования активной окраины. Следует заметить, что процесс миграции углеводородов из очага их генерации продолжается еще долго после закрытия океана. Примеры таких нефтегазоносных бассейнов имеются в переходной зоне Юго – Восточной Азии.

На территории России существуют многочисленные рифтовые зоны, образование которых связано как с рифтогенным, так и с субдукционным геодинамическим режимом. Это группа рифтов, прослеживающихся в Московской синеклизе (Валдайский, Солигаличский, Московский, Пачелмский), группа рифтов, челочно протягивающаяся вдоль восточного края Русской платформы (Котласский, Нюхчинский, Сафоновский, Пешский в Мезенской синеклизе и Кижимский, Котласинский, Серноводско – Абдулинский на восточном склоне Волго – Уральской антеклизы), а также группа рифтов, сформировавшихся в древних окраинных морях и давших основу для образования Прикаспийской синеклизы (Центрально – Прикаспийский рифт), Тимано – Печорской

(Колвинский рифт) и Западно-Сибирской плит (Колтогорско-Уренгойский рифт). Кроме них рифтовые зоны выделяются и в других регионах, к которым относятся Баренцево, Карское, Лаптевых, Восточно-Сибирское и Охотское моря, Сибирская платформа и др.

Исходя из описанной выше эволюции рифтовых зон, образовавшихся на рифтогенном и субдукционном геодинамических режимах, основные перспективы нефтегазоносности первой и второй групп рифтов связаны с синрифтовым рифейским комплексом. Вторичные скопления углеводородов могут быть в синеклизном комплексе, где они формируются за счет вертикальной миграции по разломам.

Синеклизный и плитный комплексы бывших окраинных морей наиболее перспективны в зоне, располагающейся в интервале сутурный шов – рифт (например, Урал – Колтогорско-Уренгойский рифт). В зарифтовой зоне таких регионов перспективны горизонты доплитных комплексов. К таким регионам относятся Западная Сибирь, Прикаспий, Тимано-Печорская плита, Енисей-Хатангский прогиб и др. Во всех пририфтовых участках нетрадиционные скопления нефти и газа могут быть связаны с зонами разуплотнения фундамента.

Глава 5

НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬ РИФЕЙСКО-ВЕНДСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

За последнее десятилетие установлено, что верхнепротерозойские и нижнепалеозойские отложения многих платформенных площадей мира характеризуются повышенной битуминозностью, а также присутствием в них промышленных скопления нефти, газа и газоконденсата. Это Северо – Американская, Сибирская, Австралийская, Аравийская, Китайская и Восточно – Европейская платформы.

До 70 – х годов поисково – разведочное бурение на территории Восточно – Европейской платформы давало немного данных относительно возможной нефтегазоносности верхнепротерозойских и нижнепалеозойских отложений. К тому же и их структурный план оставался невыясненным. И лишь в последние годы в пределах выявленных сейсморазведкой локальных антиклинальных структур в толще этих отложений были открыты существенные признаки нефти и газа и даже их полупромышленные притоки.

5.1. ПРИЗНАКИ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ

В рифей – вендских отложениях промышленных скоплений углеводородов до сих пор не открыто. Однако зафиксировано немало скважинных нефтегазопроявлений различной интенсивности и характера.

Нефтегазопроявления на территории Московской синеклизы из образований рифея единичны и "не впечатляющи", так как вскрыты они небольшим количеством скважин и испытаны в малом числе интервалов. Это пропитанный нефтью керн на Воронежской площади (скв. 2 и 3, глубина 973 – 1176 м), пленки нефти в глинистом растворе на Даниловской площади (скв. 1, интервал 3125 – 3180 м), приток воды с растворенным газом, содержащим метан и его

гомологи до 16,5 %, на Любимской площади (скв. 3, интервал испытания 3102–3118 м). В Рослятинской скважине из интервала 3646–3620 м получен приток воды с растворенным газом со значительным содержанием азота и присутствием метана и тяжелых углеводородов.

Нефтегазопроявления из вендских отложений более многочисленны. Впервые для центральных районов платформы из песчаников редкинской свиты на Даниловской площади был получен непромышленный приток нефти высокого качества. В скв. 1 приток пластовой воды шел с пленкой нефти (до 1 л/сут), а после снижения уровня промывочной жидкости на устье скважины выделялся горючий газ дебитом до 50 м³/сут. Наибольшие притоки нефти (с водой) установлены в скв. 4 (до 20 л/сут) и скв. 9 (до 50 л/сут), причем в последней так же выделялся газ дебитом 500–1000 м³/сут с содержанием в нем углеводородов более 92 % и с газовым фактором, близким к насыщению (600–700 см³/л). Нефть легкая, с плотностью 0,791–0,834 г/см³, при значительном содержании бензиновых фракций (26–42 %) с большим количеством метановых углеводородов (63–82 %) и незначительным ароматических (до 4 %). Содержание серы 0,04–0,39 %, смол – 1,58–1,38 %, парафина – 0,2–6,56 %.

Кроме того, на Дьяконовской, Шарьинской, Горьковской, Марьинской, Балашихинской, Любимской, Мосоловской, Морсовской площадях, а также из пробуренной в 1992–1993 гг. скв. 4 Бутовской площади (интервал 1800–1805 м) был поднят керн с резким запахом нефти или ее пропиткой (Кузьменко, 1994 г.).

На Восточно–Европейской платформе установлены две группы докембрийских нефтей, различающиеся как по составу и физико–химическим параметрам, так и по времени образования.

Первая группа – это тяжелые нефти Верхнекамской впадины (Соколовское, Очерское, Сивинское месторождения) на востоке Русской плиты. На Сивинской площади (скв. 1, интервал 2788–2800 м), расположенной в центральной части Верхнекамской зоны, приток нефти из кыквинской свиты редкинского горизонта составил 0,5–0,7 м³/сут. Нефть этой залежи тяжелая, малоподвижная, с плотностью 0,965 г/см³. Содержание смол достигает 20 %, асфальтенов – 9 %, легких фракций при температуре 200 °С – 6 %. Нефть слабопарафинистая (0,95 %) и слабосернистая.

На Соколовской площади (скв. 52, интервал 2591–2601 м) был получен приток нефти с дебитом 3,7 м³/сут. Нефть высокосмолистая, содержание асфальтенов до 6 %, низкий выход легких фракций до 200 °С – 4 %, содержание парафинов до 2 %.

Таким образом, первую группу составляют нефти тяжелые, с высоким содержанием смол и асфальтенов, малосернистые и малопарафинистые. Эти нефти имеют облик "бидеградируемых", обедненных растворенными газами и легкими фракциями, что позволяет отнести их к "древним" и по возрасту вмещающих пород, и по времени образования залежей.

Нефти второй группы – легкие метаново–нафтеновые, непотерявшие легкую фракцию или вновь приобретшие ее в результате современного подтока. Эти нефти по времени своей генерации относятся, очевидно, к сравнительно "молодым", сформировавшимся лишь в мезо–кайнозое. Типичным представителем подобных нефтей является та, что получена на Даниловской площади.

При бурении параметрических и поисковых скважин в северо–восточной части Московской синеклизы были отмечены признаки нефтегазоносности в виде пропитанности керна нефтью, битуминозности, запаха нефти, газа и битума в отложениях кембрия–ордовика. Так, из скв. 1 Урдомской площади (интервал 2144–2146; 2214,9–2220,6 м) и скв. Данилов–2 из отложений среднего кембрия были подняты кварцевые песчаники с остаточной нефтенасыщенностью. Кроме того, песчаники, извлеченные из скв. Данилов–8 и Толбухино, были с сильным запахом газа.

Из скв. 4 Судиславльской площади (интервал 2010,15–2015,3 м) из отложений среднего ордовика были подняты кварцевые песчаники с сильным запахом нефти. На Молоковской площади (скв. 1, интервал 1321–1334 м) извлечены нижнеордовикские песчаники и алевролиты с запахом нефти на свежем изломе. Газонасыщенность пластовых вод комплекса изучена слабо. Максимальные значения газового фактора в погруженной части Московской синеклизы составляют 152 см³/л (Данилово), 245 см³/л (Дьяконово), к северу, югу и западу они снижаются до 95–125 см³/л (Кубенская, Бологое, Ильинское). Повышенное содержание гомологов метана в составе углеводородных газов (до 3,4 %) также приурочено к центральной части изучаемой территории.

Многочисленные нефтегазопроявления в рифейских отложениях известны с 30-х годов в пределах Тиманского поднятия, находящегося к востоку от синеклизы. На Ярегской структуре Ухто – Ижемского надвига в трещиноватых породах рифейского возраста отмечены примазки густой нефти, включения асфальта и твердого битума. Нефтепроявления отмечены до глубины 300 м ниже кровли рифейского комплекса. Битуминовые песчаники прослеживаются на расстоянии 4,5 км при ширине этой зоны до 1,2 км. В скважинах Ярегской площади ниже 30 м от кровли рифея отмечены выбросы углеводородного газа из углисто-глинистых сланцев, а выделения газа из подземных вод наблюдались по всему вскрытому разрезу (360 м). Газ содержит до 90 % метана. В начале 40-х годов при бурении скважин на нефть и газ на площади Водный Промысел из рифейских отложений получены промышленные притоки газа, содержащего до 96 % метана. Притоки газа прослежены от поверхности рифея до глубин 430 м ниже ее. Наиболее интенсивные газопроявления приурочены к глубинам 150 м. Начальные дебиты газа составляли 21 тыс. м³/сут. Примазки жидкой нефти установлены в скважинах, пробуренных на Южном Тимане. Нефтью заполнены трещины в кварцитах и сланцах. Битумонасыщение тонких прослоев песчаников рифейского возраста отмечено на Сторожевской площади (скв. 1, интервал 2549 – 2553 м) в Вычегодском прогибе.

В Калтасинском авлакогене, расположенном в Бельско – Камской впадине, нефтепроявления связаны с терригенно – карбонатными породами калтасинской свиты. Они отмечаются в керне скважин Очер, Черновское в виде примазок нефти по трещинам. В гожанской свите верхнего рифея интенсивные нефтепроявления получены на пяти изученных площадях, незначительные – на шести, газопроявления – на трех площадях. Так, на Сивинской площади двумя скважинами пройдены песчаники, насыщенные густой нефтью. В шлифах видно, что нефть образует пленки между зернами и глинистым цементом, проникает по спайности, пропитывает глинистые минералы цемента. Притоки нефти с дебитом более 1 т/сут получены из этих отложений на скважине Полом. Интенсивные нефтепроявления венда выявлены на Сивинской, Бородулинской, Гаринской, Черновской, Танышской

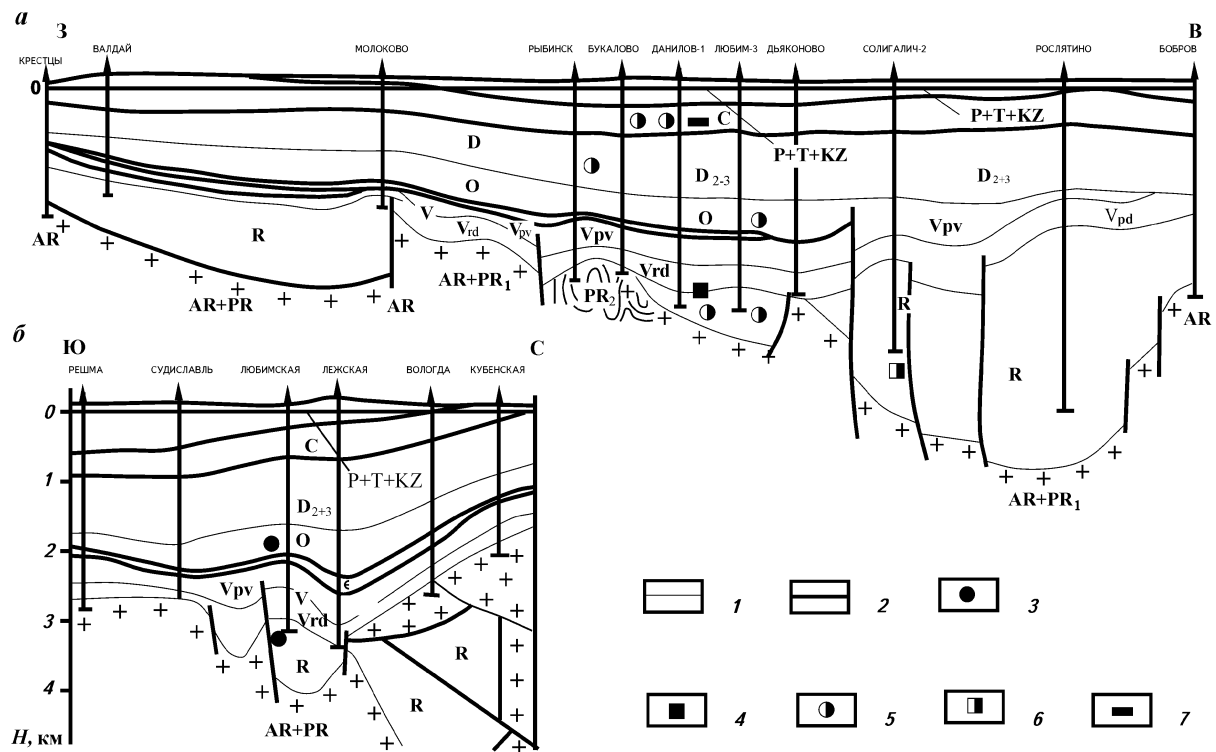


Рис. 26. Геологические профили Московской синеклизы:

1 — крупные размыты, 2 — разломы, 3 — приток газа, 4 — приток нефти, 5 — признаки газа, 6 — признаки нефти, 7 — битумы

площадях, а приток нефти с дебитом более 1 т/сут установлен на площадях Верещагино, Полом и Шаркан. Все нефтепроявления в отложениях венда зафиксированы в области распространения пород рифея. Нефтепроявления и притоки нефти с дебитом в несколько тонн в сутки приурочены к подошве венда, что говорит о миграции нефти из рифейских горизонтов в вендские отложения.

В Московской синеклизе из венда притоки и признаки были получены на площадях Шарья, Горьковской, Марьинской, Балахнинской, Любимской, Мосоловской, Морсовской, Бутовской.

Из отложений рифея признаки и притоки непромышленного масштаба отмечены на Даниловской, Солигаличской и других площадях (рис. 26).

Глава 6

ПРОГНОЗ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ РИФЕЙСКИХ И ВЕНДСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ СЕВЕРО-ВОСТОЧНЫХ РЕГИОНОВ РОССИИ ПО ГЕОХИМИЧЕСКИМ КРИТЕРИЯМ

Качественный прогноз складывается из достоверных знаний влияния фациально – генетического типа РОВ, динамики его катагенетических преобразований, обусловивших процессы формирования УВ систем различного фазового состояния и состава. Качественные и количественные особенности УВ составов ОБ и генерируемых ими флюидов являются кодом к распознаванию эволюции процесса нефтегазообразования, предопределившего зональность нефти – и газообразования.

Проведенный ранее нашими учеными (А.Н. Золотов, А.Г. Кузнецов, М.И. Островский, А.А. В.С. Соколов, М.А. Семихатов и многие другие) анализ историко – геологических факторов и палеотектонических реконструкций позволил дать положительную оценку возможностей реализации нефтематеринского потенциала формаций древних толщ.

Интерес к этим толщам вызван наличием в них многочисленных нефтегазопроявлений в Верхнекамской впадине и в Московской синеклизе, промышленных скоплений на Сибирской платформе, в Австралии, в Африке.

В центральной части Московской синеклизы выявлены незначительные скопления нефти в базальных песчаниках валдайской серии венда Даниловской площади (скв. 1, 4, 9); на глубине 2,8 – 2,9 км получены притоки легкой нефти до 0,5 т/сут. Нефтегазопроявления отмечены в данных отложениях в разрезе скважин Шарья, Солигалич, Нейя.

По комплексу геолого – геохимических исследований произведено расчленение верхнепротерозойских – нижнепалеозойских отложений на рифейский и вендско – нижнекембрийский потенциально нефтегазоносные (ПНГК) и нефтегазоносные (НГК) комплексы.

Рифейский ПНГК в пределах Московской синеклизы развит в пределах Среднерусского и Московского рифтов. Сложен он терригенными и карбонатно-терригенными породами, формировавшимися в континентальных и прибрежно-морских условиях. Распределение и состав ОВ определяются геохимическими условиями накопления и раннедиагенетического преобразования. Спецификой верхнепротерозойских отложений Русской плиты являются небольшие масштабы фоссилизации ОВ сапропелевого типа. В разрезе преобладают породы с концентрацией ОВ до 0,5 %. От окислительных геохимических фаций к слабовосстановительным происходит увеличение содержания ОВ и $\beta_{\text{хл}}$, а далее к восстановительным фациям возрастает лишь концентрация ОВ, а $\beta_{\text{хл}}$ уменьшается в пределах одного катагенного уровня. Наибольшие массы ОВ связаны со среднерифейскими отложениями Московского и Среднерусского грабенов (вологодская серия) и верхнерифейскими отложениями Среднерусского рифта (бологоевская свита).

В терригенных мелководных отложениях среднего рифея Среднерусского грабена с содержанием ОВ 0,1–0,5 % на глубинах 2–3 км средняя концентрация битумоидов $A_{\text{хл}}$ составляет 0,001 %, на глубинах 3–4 км – 0,0017 % и на глубинах 4–5 км – 0,002 %. Элементный состав битумоидов почти не изменяется, при $\beta_{\text{хл}}$ до 10 %. Процессы генерации и эмиграции битумоидов в этих породах идут очень слабо. В составе метано-нафтеновой фракции УВ преобладают нафтены, а среди них бициклические структуры.

В относительно более глубоководных карбонатно-терригенных отложениях среднего рифея Московского грабена возрастает процент восстановительных фаций, содержание ОВ составляет в среднем 0,5–2,0 %. В диапазоне глубин 2–3 км содержание битумоида $A_{\text{хл}}$ составляет в среднем 0,02 % при $\beta_{\text{хл}}$ от 2 до 10. Содержание углерода в элементном составе битумоида $A_{\text{хл}}$ колеблется от 70 до 83 %, а для обогащенных разностей пород ($\text{ОВ} = 5,0 \%$) оно составляет 77–87 %. В групповом составе битумоидов $A_{\text{хл}}$ при $S_{\text{орг}}$ до 0,5 % и $\beta_{\text{хл}}$ до 10 % сумма углеводородов составляет около 50 %, асфальтенов – менее 8 %, при более высоких концентрациях органического вещества углеводородов и смол содержится примерно 45 %. На глубинах 3–4 км содержание битумоидов уменьшается до 0,0003 % (в 10 раз). Следовательно, процессы миграции битумоидов из

среднерифейских отложений Московского рифта проявляются сильнее, чем в Среднерусском грабене.

В терригенных мелководных отложениях верхнего рифея (бологоевская свита) Московского грабена (площади Данилов, Солигалич) концентрация органического вещества не превышает 0,5 %, содержание битумоидов $A_{хл}$ изменяется от 0,001 до 0,003 %, а $\beta_{хл}$ колеблется от 1,5 до 2,5. В элементном составе ХБА содержится 76–82 % углерода и 8–11 % водорода. Вероятно, процессы генерации и эмиграции битумоидов были незначительны.

Таким образом, очаг генерации УВ в среднерифейских отложениях Московского грабена оконтуривается в районе Павлово–Посадской площади. Отложения представлены карбонатно–терригенными породами преимущественно восстановительных фаций. Количество ОВ изменяется от 0,10 до 0,5 % и от 0,5 до 9,0 %. Среднее содержание битумоида $A_{хл}$ в породах в очаге генерации составляет 0,003 %. Степень генерации УВ изменяется от слабой до значительной. Количественное содержание УВ варьирует от 30 до 120 г/т.

Менее четко очаг генерации оконтуривается в средне–верхнерифейских отложениях Среднерусского грабена (пл. Рослятино).

Терригенные разности пород слабовосстановительных и вторично окислительных фаций содержали ОВ от 0,1 до 0,5 %. Среднее содержание ХБА изменяется от 0,0006 до 0,002 %. Степень генерации углеводородов оценивается как слабая (средний рифей), а иногда и очень слабая (верхний рифей). Сумма сингенетичных УВ изменяется от 10 до 20–30 г/т.

Рифейские отложения Рослятинского, Молоковского и Крестецкого грабенообразных прогибов Среднерусского рифта попали в зону действия температур и давлений, соответствующих ГЗН к концу авлакогенной стадии. Однако в Рослятинском рифте нижние части разреза не вскрыты бурением. А в Молоковском и Крестецком прогибах отмечено низкое содержание органического вещества.

Сведения о коллекторских горизонтах рифея весьма немногочисленны. По имеющимся данным, их пористость оценивается от 1 до 5 %, а проницаемость от долей до $(25–40) \cdot 10^{-15}$ м². Дебиты пластовых вод достигают 350 м³/сут, хотя, как правило, лежат в пределах первых десятков м³/сут. Воды комплекса хлоркальциевого типа с минерализацией до 265–300 г/л. Содержание брома достигает 1,6 г/л. Воды практически бессульфатные, высокоминерализованные, с

содержанием хлоридов щелочных земель до 70 % от суммы растворенных солей. Газовый фактор достигает 1160 см³/л при упругости газа 150–200 кПа. Водорастворенные газы азотно–метанового и метано–азотного состава, с концентрациями метана до 70–75 %.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что коллекторские свойства рифейских толщ и существующие в них гидрохимические условия в целом благоприятны для аккумуляции и консервации скоплений углеводородов.

Рифейский ПНГК Мезенской синеклизы распространен повсеместно, за исключением северо–западной части Архангельского мегавала, Четласской ступени и крайней северо–западной части Чиж–Четласского мегавала. Комплекс представлен в основном терригенными породами, формирование которых происходило как в восстановительных, так и в слабовосстановительных геохимических фациях. Породы комплекса содержат органическое вещество сапропелевого типа. Содержание ОВ не превышает 0,93 %. Выход хлороформенного битумоида составляет 0,06–0,08 %, в единичных случаях достигает 1,16 %. Битумный коэффициент ($\beta_{хл}$) изменяется от 2,1 до 5,8 в сингенетических битумоидах и достигает значений 15,6–23,0 % в эпигенетических битумоидах. Степень катагенного преобразования РОВ высока и достигает в пределах вскрытого бурением разреза МК₁–МК₃. Содержание углерода в элементном составе ХБА изменяется от 77,63 до 78,27 %, а водорода от 9,1 до 10,77 %; $H/C_{ат} = 1,839–1,846$; $O/C_{ат} = 0,108–0,09$.

Отложения рифейского ПНГК Мезенской синеклизы попали на глубины, превышающие 1200–1500 м, т.е. в зону действия температур более 60 °С и геостатических нагрузок порядка 250–350 кг/см², уже к концу авлакогенной стадии развития в Лешуконском, Сафоновском, Яренском прогибах и в Пешской впадине. В случае достаточных концентраций ОВ в этих отложениях они уже в конце рифейского этапа должны были генерировать углеводороды нефтяного ряда. Основная миграция углеводородов в то время на Лешуконском и Сафоновском прогибах осуществлялась в бортовые их части. Из Яренского прогиба УВ должны были мигрировать в центральную (Ертомский выступ, Вашкинский вал) и южную (Средне–вычегодский структурный мыс) части Мезенско–Вашкинского мегавала.

Из Пешской впадины, по – видимому, углеводороды продвигались в ловушки, расположенные в зоне Тылугского вала Несского поднятия. Кроме того, из западной части Лешуконского прогиба и из Среднепинежского грабена происходила миграция в сторону Полтино – Ежугского вала (А.Г. Кузнецов).

Для рифейского ПНГК Мезенской синеклизы характерен прерывистый характер процессов генерации УВ, их активизация на главных фазах валдайско – раннекембрийского цикла и прекращение в течение длительного времени от среднего кембрия до раннего карбона (более 200 млн. лет).

В додевонском ПНГК Мезенской синеклизы очаги генерации мигрируют по площади от одного тектонического цикла к другому, что в значительной степени снижает перспективы нефтегазоносности (малоперспективная нефтегазоносная область).

В верхней части рифейского комплекса Мезенской синеклизы установлены песчаные пласты мощностью до 100 – 250 м, имеющие удовлетворительные емкостные свойства. Их открытая пористость составляет 5 – 14 %, газопроницаемость 10 – 70 м. При опробовании скважин получены притоки до 500 м³/сут. Причем максимальные значения мощности, пористости и проницаемости фиксируются в бортовых участках Лешуконского и Сафоновского прогибов, примыкающих к Мезенско – Ваш – кинскому мегавалу. Региональной покрывкой являются аргиллиты и частично кварцевые песчаники мощностью более 300 м. Воды рифейского комплекса – хлоркальциевого типа с минерализацией до 238 г/л. Растворенные газы метаново – азотного состава. Содержание метана в них изменяется от 3 до 57 %.

Газонасыщенность пластовых вод невелика и не превышает 70 – 80 см³/л. Содержание микроэлементов йода в водах достигает 37 мг/л, а брома – до 925 мг/л.

Вендский нефтегазоносный комплекс Московской синеклизы является основным объектом нефтегазопоисковых работ. Геохимические исследования К.Ф. Родионовой (1954, 1979, 1972), Ю.И. Корчагиной (1957, 1970, 1994), Е.С. Ларской (1968, 1970 – 1973), С.И. Головановой (1965 – 1972), О.П. Загуловой (1975 – 1980) и других ученых позволили дать высокую оценку нефтегазогенерационного потенциала

нефтематеринских пород верхнего венда (редкинско-котлинский комплекс).

Формирование этих отложений происходило в различных геохимических обстановках. В центральных частях седиментационного бассейна преобладали восстановительная и слабовосстановительная, а в удаленных бортовых его зонах – окислительная геохимические обстановки. В соответствии с этим изменялись и условия для сохранения органического вещества: они были благоприятны в наиболее погруженных частях синеклиз, а в удаленных бортовых зонах происходило интенсивное окисление попавшей в осадок органики.

В восстановительной гамме фации прослежена зональность с различной интенсивностью процессов генерации и эмиграции битумоидов, совпадающей с палеотемпературными зонами, и выделены очаги с максимальной генерацией и эмиграцией углеводородов.

I. Оконтурина зона залегания отложений данного комплекса на глубинах менее 1 км – в пределах южной, юго-западной, западной и юго-восточной частей Московской синеклизы. Динамика накопления и преобразования ОВ рассмотрена для двух типов концентраций: менее 0,5 и 0,5–5,0 %. Содержание ХБА соответственно изменяется от 0,0067 до 0,0132 % ($\beta_{\text{ХЛ}}$ до 10 %). В эпигенетических битумах ($\beta_{\text{ХЛ}} > 10$ %) ХБА равно 0,0225 % и возрастает до 0,246 % ($\beta_{\text{ХЛ}} = 10 \pm 30$ %).

В элементном составе ХБА (при $C_{\text{орг}}$ до 0,5 %) доля углерода составляет 70–77 %, водорода 10–12 %, гетероэлементов 10–18 %. С увеличением содержания $C_{\text{орг}}$ (0,5–5,0 %) возрастает количество углерода в элементном составе ХБА до 75–85 %, водорода 10–13 %, гетероэлементов 10–13 %. В групповом углеводородном составе масляной фракции различается количество метано-нафтеновых углеводородов (35–57 %) и смол (40–60 %), что обусловлено различными концентрациями ОВ. Большой процент перемещенных битумов характерен для пород с более высокими концентрациями ОВ.

По геохимическим исследованиям отмечено наличие процессов генерации и эмиграции УВ в южных, юго-западных, западных и юго-восточных районах Московской синеклизы, где отложения верхнего венда находились на глубине лишь одного километра. Интенсивность генерационных процессов обусловлена вулканическим теплом. Отсутствие нефтегазопроявлений свидетельствует о

вяло идущих эмиграционных процессах. В разрезе скважин Калужской и Ярцевской площадей отмечены следы перемещенных битумов.

По направлению к северной части Московской синеклизы наблюдается постепенное погружение пород редкинско-котменского комплекса на 2–3 км, далее на 3–4 км, что дает возможность последовательно проследить состояние процессов генерации и эмиграции УВ.

II. Вторая зона залегания отложений данного комплекса оконтурена на глубинах от 1 до 2 км в южной части Московской синеклизы (скв. Сомово–1), юго-восточной (Мосолово–1, Каверино–1, Зубова Поляна–1), центральной (Павлов–Посад–1), Щелково–10, Редкино), западной (Молоково, Максатиха–4, Бологое), северо-западной (Кубенская–1), северной (Тарнога–1, Ома, Великий Устюг–1, Бобровская–1, Солигалич–2, 7, Рослятино–1, Котлас) и характеризуется увеличением интенсивности процессов генерации и эмиграции УВ. В породах, содержащих средние значения ОВ (0,5 %), количество ХБА не превышает 0,0023 %. В обогащенных терригенных разностях пород (0,5–5,0 %) количество битумоидов возрастает от 0,009 до 0,07 %. В элементном составе ХБА ($C_{орг}$ до 0,5 %) содержание углерода изменяется от 71 до 81 %, водорода 9–13 %, гетероэлементов 7–25 %. А в битумоидах при большей концентрации ОВ углерода содержится 70–83 %, водорода 8–11 %, гетероэлементов 5–19 %. В перемещенных битумоидах содержание углерода 75–79 %, водорода 10–11 %, гетероэлементов 8–14 %.

В групповом углеводородном составе битумоидов на глубине 1–2 км (при $C_{орг}$ до 0,5 % и $\beta_{хл}$ до 10 %) содержание углеводородов уменьшается до 18–19 % против 35 % на глубине до 1 км, при этом соотношение МН/НА остается примерно постоянным. А в битумоидах пород с повышенной концентрацией ОВ (0,5–5,0 %) содержание углеводородов составляет 56 %.

По данным масс-спектрометрических исследований, в составе метано-нафтеновых битумоидов $A_{хл}$ ($C_{орг} = 0,5$ %) парафинов содержится 35 % против 53 % на глубине 1 км, а среди нафтенов преобладают моноциклические структуры (17 %). В битумоидах $A_{хл}$ ($C_{орг} = 0,5-5,0$ %) содержание парафинов составляет 36–38 %, а среди нафтенов в большем количестве представлены битетрациклические структуры. По данным газохроматографических исследований реликтовых

углеводородов, отношение пристана к фитану равно $0,5 \pm 0,8$. Ход кривой молекулярно-массового распределения норм алканов плавный с максимумом, падающим на молекулы C_{18} . Это свидетельствует о сапропелевом типе исходного ОВ средней стадии катагенной превращенности. Отмечены следы перемещенных битумов в породах скв. 1 Павлово-Посадской площади. Об увеличении генерационных процессов в породах редкинско-котлинского комплекса с погружением на большую глубину (от 1 до 2 км) свидетельствует возрастание количественного содержания битумоидов. Уменьшение же содержания суммы углеводородов, а в них метано-нафтеновых и парафиновых структур примерно на 15 % свидетельствует об усилении процессов эмиграции.

III. Зона с максимальной генерацией и эмиграцией оконтуривает верхневендские отложения на глубине 2–3 км в центральной, северо-западной, восточной и северо-восточной частях Московской синеклизы.

По данным экстракции пород в аппарате Сокслета, содержание битумоидов $A_{xл}$ (при $C_{орг}$ до 0,5 % и $\beta_{xл}$ до 10 %) колеблется в пределах от 0,002 до 0,012 %, причем процент максимальных значений увеличивается до 40 % по сравнению с 16 % на глубине 1–2 км, а при $C_{орг}$ более 0,5 % концентрация битумоида $A_{xл}$ при $\beta_{xл}$ более 10 % увеличивается с глубиной до 0,01–0,954 %.

В элементном составе битумоидов $A_{xл}$ всех трех типов на этой глубине наблюдается изменение содержания углерода до 71–82, 79–88 и 76–86 %, при более или менее постоянном содержании водорода и снижении роли гетероэлементов по сравнению с битумоидом более высокого интервала залегания пород.

В групповом углеводородном составе ХБА (при $C_{орг}$ более 0,5 %) наблюдается некоторое снижение доли углеводородов до 44–47 % по сравнению с более высоким интервалом залегания пород. В эпигенетических битумоидах сумма углеводородов составляет 63–64 %.

Таким образом, на глубине 2–3 км в редкинско-котлинской толще верхнего венда Московской синеклизы отмечается максимум генерации битумоидов, обусловленный как погружением толщ, так и увеличением палеотемператур.

В пределах второй оконтуренной зоны (2–3 км) выявлены нефтепроявления и притоки легкой нефти в скв. 1, 4, 9 Даниловской площади.

III. Третья зона оконтурена в северной части Московской синеклизы (скв. Буй-1, Галич-1, Орехово-1) на глубинах 3–4 км и характеризуется спадом процессов генерации УВ, фиксируемым по уменьшению содержания ХБА до 0,0005 % ($C_{орг}$ до 0,5 %). Это объясняется преобладанием процессов эмиграции над генерацией. Увеличивается процент перемещенных битумоидов ($XBA = 0,04$ %, $\beta_{хл} = 10$ %).

Таким образом, в вендско-кембрийском НГК Московской синеклизы выделен один из наиболее крупных очагов генерации УВ. Гидрогеохимическая характеристика вендского НГК Московской синеклизы благоприятна для накопления углеводородов. Воды комплекса хлоркальциевого типа, высокоминерализованные. Минерализация вод в региональном плане увеличивается с запада на восток и от бортовых участков синеклизы к ее центру и изменяется в пределах 228–305 г/см³. Газонасыщенность вод также увеличивается к центральной части синеклизы, где она достигает значений 550–637 см³/л. В ряде случаев отмечается повышенное до 78 % содержание углеводородных газов. В прибортовых зонах газонасыщенность вод уменьшается до 90–100 см³/л и одновременно уменьшается содержание углеводородов (до 2–4 %) и увеличивается концентрация азота (до 90 % и более). Упругость растворенных газов изменяется от 14 до 70 кПа, т.е. составляет от 7 до 2 % от пластового давления. В вертикальном разрезе также отмечается уменьшение содержания растворенных углеводородных газов и увеличение азотных. Основная миграция углеводородов в вендском НГК Московской синеклизы была направлена к ее бортам в сторону Вологодского, Покровского, Гагаринского, Нейского и Некрасовского структурных мысов, Тарногского вала и в меньшей степени в сторону Рыбинско-Сухонского мегавала. При этом, как показывают соотношения геостатических нагрузок, движение пластовых вод в пределах мегавала происходило в западном и северо-восточном направлениях, куда и должны были мигрировать УВ.

В Мезенской синеклизе вендско-нижнекембрийский комплекс охарактеризован как потенциально нефтегазоносный из-за отсутствия нефтегазопроявлений и слабой геохимической изученности. ОВ накапливалось в небольших количествах (0,1–0,32 %). Наибольшие концентрации ОВ отмечаются в центральных и в восточных частях синеклизы. Количество битуминозных компонентов в

среднем невысокое – 0,0058 %. Максимальные его значения (0,0075–0,008 %) зафиксированы в Лешуконском и Сафоновском прогибах, в то время как в Пешской впадине они не превосходят 0,0034 %. Битумный коэффициент изменяется от 1 до 5 ($\beta_{хл}$).

В вышележащих породах любимской, рашминской свит и нижнего кембрия содержания РОВ незначительны. Концентрация $C_{орг}$ в этих породах составляет 0,04–0,5 %, а количество ХБА не превосходит 0,006 %. Битумный коэффициент ($\beta_{хл}$) изменяется в пределах от 0,15 до 3,7–4,8.

ОВ вендско–нижнекембрийского ПНГК Мезенской синеклизы находится на средней стадии катагенной превращенности ($МК_1$ – $МК_3$).

В разрезе отложений данного комплекса выделено до 17 пластов–коллекторов, характеризующихся открытой пористостью до 28 %, эффективной пористостью до 23 % и газопроницаемостью до 1350.

Воды комплекса – высокоминерализованные рассолы хлоркальциевого типа. Отмечается увеличение минерализации с запада на восток от 90–100 до 200–265 г/л водорастворенных газов азотного состава. Содержание азота достигает 81–97 % при концентрациях метана не более 12–15 % и тяжелых углеводородных газов до 1,4 %.

Газонасыщенность вод не превышает 60–70 см³/л. Таким образом, емкостные свойства пластов–коллекторов и гидрохимические показатели разреза в общем благоприятны для процессов аккумуляции углеводородов. Зональными покрывками служат аргиллиты и алевролиты, мощность которых меняется от 10–15 до 200 м, а региональной покрывкой являются аргиллиты нижнего кембрия и доломиты среднего карбона.

В Сафоновском прогибе породы редкинско–котлинского комплекса вступили в ГЗН. Здесь на площади около 10 тыс. км² они были погружены на глубину более 1500 м и попали под воздействие температур, превышающих 60 °С и давлений (25–35)·10⁶ Па.

Основная миграция УВ, генерируемых данным комплексом отложений в пределах Сафоновского прогиба, должна была происходить, следуя региональному структурному плану, в направлении Нижне–Мезенского структурного мыса в прибортовые участки прогиба и в направлении Койнасского вала.

Генерируемые вендско – нижнекембрийскими породами на остальной территории Мезенской синеклизы, в основном газообразные, УВ должны были мигрировать к бортовым участкам как Мезенской, так и Московской синеклизы. Однако длительное время, прошедшее с момента их аккумуляции (более 500 млн. лет), и наличие интенсивных геологических перерывов вряд ли способствовало сохранению газовой залежи.

Основная зона генерации УВ нефтяного ряда осуществлялась в среднедевонско – нижнекаменноугольное время в пределах Пешской впадины Мезенской синеклизы. Миграция углеводородов и отложений верхнего протерозоя – нижнего палеозоя этой зоны происходила в направлении Тылугского вала.

Особого внимания заслуживает Тиманское сооружение, сложенное рифейским комплексом и подвергнутое смятию и метаморфизму или коллизии в венд – кембрийское время. Содержание битумов в породах здесь достигает 3–5 % (Гецен, 1981). Разрез его насыщен углеводородами. Нефтегазопроявления в толще рифея отмечены во многих участках самого Тимана и в Притиманье, в том числе на Зеленецкой, Ярегской, Чернореченской площадях.

Наличие в разрезе мощных черных сланцев, обогащенных органическим углеродом, свидетельствует о возможной и вероятной нефтегазопроизводящей роли этой толщи, которую она сыграла для самого Тимана и сопредельных регионов Печорской плиты и Мезенской синеклизы.

Глава 7

ОБОСНОВАНИЕ ОЧАГОВ ГЕНЕРАЦИИ УГЛЕВОДОРОДОВ И ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ

Степень достоверности прогноза и эффективность поисков углеводородов (УВ) определяется теоретической базой геологии. Более ста лет базой служило учение о геосинклиналях и платформах. На основе этого учения были разработаны теории и гипотезы о происхождении УВ, у истоков которых стояли ведущие ученые России И.М. Губкин, И.О. Брод, Н.Б. Вассоевич и др. Развитие поисково-разведочных работ в духе передовых для того времени идей дало России мощную сырьевую базу, которая и обеспечивает все наши потребности до сих пор. Этому способствовали также огромные богатства недр нашей страны. Они позволили постоянно наращивать запасы УВ за счет освоения новых регионов от Кавказа до Урало-Поволжья, Западной и Восточной Сибири.

В настоящее время ситуация постепенно меняется. Большинство регионов выявлено и находится в разведке. Увеличиваются глубины поисков. Количество выявленных ловушек сокращается, особенно в "старых" регионах. Новые открытия связаны со сложными залежами, требующими для разработки больших объемов бурения. Прогнозные ресурсы истощаются. Традиционный подход практически уже исчерпал себя и не всегда в состоянии объяснить отсутствие УВ в разрезе, казалось бы, перспективных регионов.

С устаревших позиций в 60-х годах были высоко оценены перспективы нефтегазоносности Московской и Мезенской синеклиз. В их пределах разрез осадочного чехла сложен теми же комплексами, что и в Урало-Поволжье, глубины разновозрастных нефтегазоносных комплексов находятся в сходных термобарических условиях и имеют близкий литолого-стратиграфический состав. Тем не менее проведенными позже работами установлено, что УВ в этих комплексах отсутствуют. Зато в более глубокопогруженных рифейских и вендских образованиях получены признаки и

даже притоки УВ. Несмотря на это, поисковые работы в 70-х годах были свернуты. Однако это неверное решение, на наш взгляд, явилось причиной задержки открытия новых нефтегазоносных регионов.

Сходная ситуация характерна и для других регионов России. Например, в Енисей–Хатангском прогибе поисково–разведочные работы ориентированы главным образом на мезозойский комплекс. С нашей же точки зрения здесь основные ресурсы УВ связаны с палеозоем.

Появление новой теории, основанной на идеях неомобилизма – геодинамики, привело к необходимости пересмотра основ классической геологии и, главное, ее практических направлений, цель которых – поиски месторождений УВ и других полезных ископаемых.

Геодинамические подходы к проблеме образования УВ в литосфере, разработанные в последние годы, позволяют на основе анализа эволюции региона определить режим, в свою очередь определяющий очаги генерации УВ, направления миграции и вероятные участки их аккумуляции. Это, во-первых, дает возможность качественной оценки перспектив нефтегазоносности, намного отличной от традиционной. Более детальный анализ, который включает в себя привлечение математического аппарата, дает возможность перейти к количественным прогнозам. Согласно современным представлениям, из всех геодинамических режимов наиболее благоприятными являются субдукционный, рифтогенный и орогенный, особенно начальная его фаза. Под их воздействием, согласно расчетам Гаврилова и др. (1994); Клещева и др. (1990); Кучерука (1992); Хадэлла и др. (1992), генерируется основной объем УВ, образующих скопления как в осадочном чехле, так, вероятно, и в фундаменте. Особенности этих режимов является быстрый темп накопления осадков в условиях аномально высокого теплового воздействия. Последнее в условиях рифтогенеза и пассивных континентальных окраин обусловлено мощным тепловым потоком и выходом перегретых флюидов из поднимающегося теплового потока (рис. 27). В условиях активных континентальных окраин, особенно при наличии окраинных морей, тепловая обработка существующих и накапливающихся толщ происходит благодаря задутовому спредингу, обычно возникающему над субдуцирующей плитой как результат конвекционного движения в подкорковой мантии, стремящейся освободиться от излишков тепла,

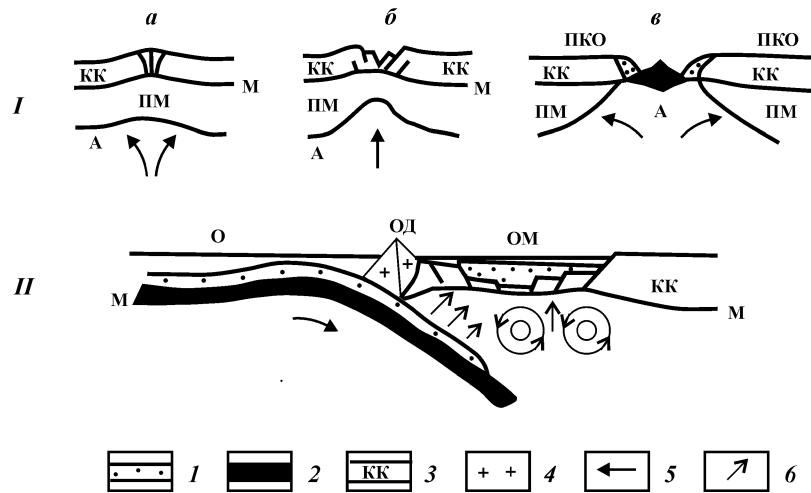
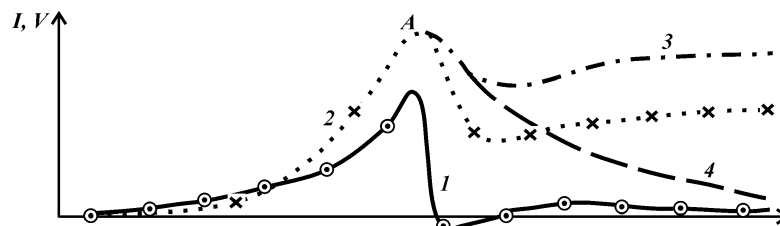


Рис. 27. Схема формирования пассивных (I) и активных (II) континентальных окраин.
 Фазы: а – начальной деструкции литосферы, б – континентального рифта, в – морского рифта – спрединга; 1 – осадки, 2 – океаническая кора, 3 – континентальная кора, 4 – островная дуга; направление движения: 5 – мантии, 6 – флюидных потоков; М – Мохо, ОД – островная дуга, ОМ – океанское море, А – астеносфера, ПМ – подкорковая мантия, КК – континентальная кора, ПКО – пассивная континентальная окраина, О – океан



Фаза	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Стадия	Предокеаническая		Собственно океаническая				Эпиокеаническая	Платформенная			Эпи-платформенная	
Цикл	Океаногенез						Континентогенез					

Рис. 28. Интенсивность (I) и относительный объем (V) углеводородов, формирующихся в течение геодинамического цикла.
 Фазы: I – начальной деструкции литосферы, II – континентального рифта, III – морского рифта, IV – спрединга, V – частичной субдукции, VI – полной субдукции, VII – орогенная, VIII – кратонизации, IX – авлакогенная, X – синеклиз, XI – плитная, XII – эпиплатформенной активизации; 1 – интенсивность, 2 – относительный объем, 3, 4 – вероятные объемы углеводородов, сохраняющиеся в литосфере после коллизии

получаемого из зоны субдукции, и флюидному потоку, идущему оттуда же и содержащему в значительной мере и УВ (рис. 27). Орогенный геодинамический режим является следствием коллизии пассивной и активной окраин континентов. В самом его начале реализуется полностью нефтегазовый потенциал, накопленный в осадках пассивной континентальной окраины от шельфа до континентального подножия. При этом интенсифицируется преобразование органического вещества за счет теплового воздействия, возникающего от движений по разломам и от приблизившихся и надвинутых на край пассивной окраины магматических очагов, всегда имеющих на активных окраинах. Описанные представления об интенсивности процессов нефтегазообразования и возникающем при этом относительном объеме УВ проиллюстрированы рис. 28. Анализ этого графика показывает, что основные процессы нефтегазообразования происходят исключительно на этапе океаногенеза. Максимум интенсивности и относительного объема УВ, образующихся в течение геодинамического цикла, приходится на начало орогенной фазы эпиконтинентальной стадии. В последующие моменты орогенной фазы за счет разрушения части скоплений УВ (начиная с точки А) их относительный объем в общем снижается. Объем зависит от наличия благоприятных условий в литосфере для сохранности УВ (кривая 3), когда он остается на каком-то уровне или даже повышается за счет поступления УВ, образующихся на платформенной стадии. Отсутствие благоприятных условий, способствующих сохранению УВ, ведет к общему снижению их объема (кривая 4).

Последующий геодинамический цикл может способствовать возрастанию общего объема УВ в новых формирующихся этажах разреза. Этим можно объяснить значительную контрастность в насыщении УВ недр различных регионов мира. Таким образом, геодинамические режимы, сменяющие друг друга во времени и сопровождающиеся различной интенсивностью процессов нефтегазообразования, являются основным фактором, который определяет нефтегазоносность регионов. Особенно богатыми регионами являются те, где благоприятные геодинамические режимы повторяются неоднократно. Исходя из отмеченных закономерностей можно представить с новых позиций известные и перспективные нефтегазовые регионы России, положив в основу их моделей геодинамический

режим, благодаря которому в их пределах произошло образование и накопление УВ. Среди них можно выделить несколько типов, которые можно отождествлять с нефтегазоносными бассейнами (провинциями):

- 1) погребенных и формирующихся окраинных морей;
- 2) погребенных континентальных окраин с частичным или значительным влиянием коллизии;
- 3) погребенных рифтовых зон.

К первому из выделенных типов провинций относятся сформированные в различные этапы геологической истории на месте ныне погребенных окраинных морей Баренцевоморская, Тимано – Печорская, Карская, Западно – Сибирская, Енисей – Ха – тангская и Центрально – Прикаспийская, а также формирующиеся Беринговоморская, Охотоморская и Япономорская.

Второй тип провинций более сложный, так как пассивные континентальные окраины могут частично или полностью и даже в разное время подвергнуться коллизии, а могут и сохраниться как реликты таких древних зон. Например, как реликтовая пассивная окраина Восточно – Европейского континента сохранились современные западный и северный уступы Прикаспийской синеклизы, в то время как Приуральская ее часть в пермское время подверглась коллизии, за счет чего сформировалась Волго – Уральская нефтегазоносная провинция. Эта же коллизия затронула и определила нефтегазоносность восточных областей Печорской плиты, которая с начала фанерозоя вошла в состав Восточно – Европейского континента. С другой стороны, Уральская коллизия, как следствие закрытия одноименного океана, определила превращение Западно – Сибирского региона в провинцию погребенных окраинных морей, нефтегазоносность которой продолжала формироваться вплоть до начала мелового периода, благодаря постепенному снижению активности возбужденной субдукцией мантии. Схема сочленения этих регионов показана на рис. 29.

К второму типу провинций следует отнести Предкавказскую, Предкарпатскую, Балтийскую, Приверхоянскую, нефтегазоносность которых доказана. К перспективным регионам необходимо отнести Предтимано – Мезенскую провинцию, коллизионные процессы в которой прошли в венде, что указывает на то, что основной интерес в ее пределах связан с рифейским комплексом пород.

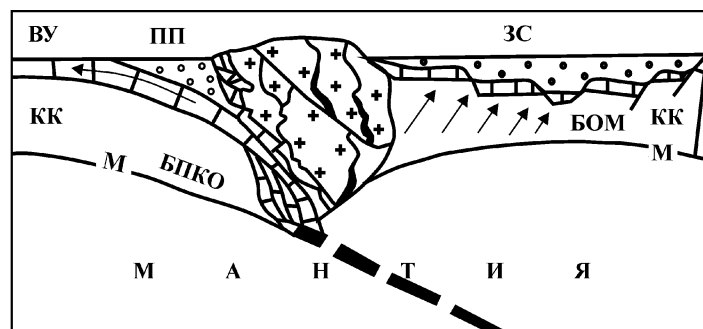


Рис. 29. Схема сочленения Волго-Уральского и Западно-Сибирского регионов:

1 – мезозойский комплекс Западной Сибири, 2 – рифейский и палеозойский комплекс, 3 – молассы, 4 – комплексы бывших островных дуг, 5 – реликты бывшей океанической коры, 6 – направления миграции флюидных потоков в фазу субдукции, коллизии и на первом этапе континентогенеза.

ВУ – Волго-Уральская окраина Русской платформы, ПП – Предуральский краевой прогиб, ЗС – Западно-Сибирская платформа, БПКО – бывшая пассивная континентальная окраина, БОМ – бывшее окраинное море, КК – континентальная кора

К провинциям погребенных рифтовых зон в пределах Восточно-Европейской платформы можно отнести Днепрово-Донецкий регион с доказанной нефтегазоносностью палеозойских синрифтовых отложений. К перспективным можно отнести синрифтовые рифейские образования в рифтовой системе Московской синеклизы, Московском, Пачемском, Казано-Кировском и Калтасинском и других рифтах Восточно-Европейской платформы. На Сибирской платформе к этому типу относятся Утаменский, Котуйский, Уджинский, Хастакский рифейские рифты, Ыгыатинский и Кемпендэйский девонские рифты, а также кайнозойские рифты моря Лаптевых.

Таким образом, рассматривая в комплексе Мезенскую синеклизу, можно полагать, что основные очаги генерации УВ в ее пределах связаны с рифтовыми зонами и Тиманским сооружением. Основной объем углеводородов образовался в рифейское время. Существенная интенсификация процессов нефтегазообразования происходила в орогенную фазу при венд-кембрийской коллизии на Тимане. Интенсификация и

частичное перераспределение УВ в разрезе, вероятно, связаны с девонским периодом, когда происходило внедрение магматических расплавов в зонах разломов в Притиманье. По мнению Г.П. Вдовыкина (1994), такие процессы весьма активно воздействуют на реализацию нефтегазового потенциала разреза.

Поэтому, оценивая перспективы нефтегазоносности Мезенской синеклизы, следует высоко оценить район Притиманья, куда, прежде всего, входят Пешский, Сафоновский рифты и Вычегодский прогиб. Нефтегазовый потенциал их обусловлен, во – первых, рифтогенезом в рифее и, во – вторых, влиянием коллизии на Тимане.

Лещуконско – Пинежский рифтоген, по – видимому, следует оценить скромней, так как возможная нефтегазоносность разреза здесь обусловлена исключительно рифтогенным режимом.

ГЛАВА 8

ОЦЕНКА ПРОГНОЗНЫХ РЕСУРСОВ НЕФТИ И ГАЗА

Количественная оценка потенциальных ресурсов нефти и газа является основой планирования проведения в регионе поисково – разведочных работ.

Особенностями рассматриваемых регионов являются их слабая геолого – геофизическая изученность и нетрадиционность объектов, относящихся по возрасту к рифею и венду. Поэтому для условий Московской и Мезенской синеклиз исключительно сложно применить достаточно хорошо зарекомендованные методы количественного прогноза, использовавшиеся в известных регионах для оценочных работ фанерозойских объектов.

Еще сложнее, на наш взгляд, применение традиционных методик при геодинамическом подходе к анализируемому комплексу, так как в объем общего комплекса, нефтегазовый потенциал органики которого был преобразован в углеводороды, необходимо включать и часть осадочных отложений, подвергнувшихся складчатости в Тиманском сооружении.

На древние комплексы докембрийского этажа разреза оказывали большое влияние эпохи континентальных перерывов в конце рифея и в послекембрийское время.

Малая изученность комплексов не позволяет достаточно точно представить распределение в толще докембрия коллекторов, характерных для глубоких горизонтов, где должны преобладать трещинные и каверново – трещинные типы, особенно в зонах разломов. Это требует корректировки традиционных методов оценки ресурсов. Чтобы избежать больших ошибок, прежде всего необходимо определить коэффициент аккумуляции, который зависел, на наш взгляд, от имевших место перерывов в ранние стадии образования углеводородов.

Для количественной оценки ресурсов нами были использованы объемно – генетический и объемно – статистический методы.

8.1. ОЦЕНКА НАЧАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ УВ ОБЪЕМНО-ГЕНЕТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

8.1.1. НЕФТЬ

Объемно–генетический метод основан на моделировании образования УВ из ОВ, их эмиграции в толщи коллекторов с учетом их аккумуляции и разрушения в ходе эволюции.

В общем случае потенциальные ресурсы (Q_n) можно рассчитать по формуле

$$Q_n = 1,2C_{org} \rho \beta_{xb} h S \frac{K_c}{1 - K_c} K_a K_i \cdot 10^2,$$

где 1,2 – поправочный коэффициент на содержание бензиновых и керосиновых фракций в ОВ; C_{org} – содержание органического углерода в % на породу; ρ – плотность пород, т/м³; β_{xb} – битумный коэффициент в % на C_{org} , рассчитанный по остаточному ХБ; h – мощность глинистых пород, м; S – площадь подсчетного участка, км²; K_c – коэффициент эмиграции нефти; K_a – коэффициент аккумуляции нефти; K_i – коэффициент извлечения нефти из залежи.

Выбор и обоснование подсчетных параметров осуществлен с учетом отдельного прогноза УВ в рифейском и вендском комплексах на основе проведенных исследований керна редкой сети скважин в Московской и Мезенской синеклизах. При этом, учитывая слабую изученность докембрийских отложений, использовали структурные карты, карты мощностей и данные региональных сейсмических профилей.

Особые сложности связаны с расчетами коэффициентов аккумуляции нефти. Для отложений рифея было принято значение 0,03, для венда – 0,1, хотя они могут быть занижены. Эти значения в фанерозойских бассейнах при прогнозных оценках составляют обычно 0,1–0,3, так как на них влияют условия миграции и аккумуляции, сохранности залежей и т.д. Для Урало–Поволжья коэффициент аккумуляции нефти равен 0,1. Учитывая большую нарушенность рифейского комплекса, его малую изученность, он снижен вдвое.

Значения K_i для рифея и венда, равные соответственно 0,15 и 0,2, определены на основе оценки физических свойств нефтей и коллекторов. Они статистически соответствуют среднемировым значениям. Это обусловлено довольно большой плотностью рифейских нефтей (0,86–0,88 г/см³) и низкими коллекторскими свойствами пород.

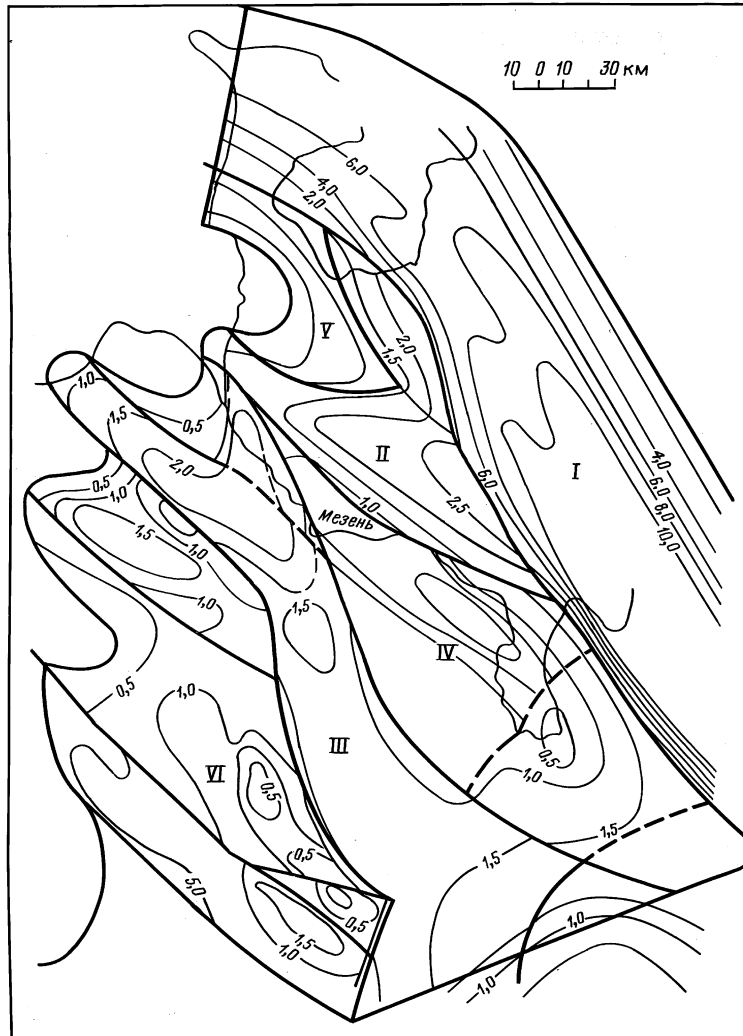


Рис. 30. Подсчетные участки (I–VI) рифейских отложений Мезенской синеклизы (составил А.Н. Руднев, 1996 г.)

С учетом общегеологических условий, связанных, прежде всего, с отсутствием высоконадежных покрышек, коэффициент аккумуляции газа взяли на порядок меньше, что, в принципе, характерно для Волго–Урала. Для рифейских отложений он составляет 0,001, для венда – 0,002.

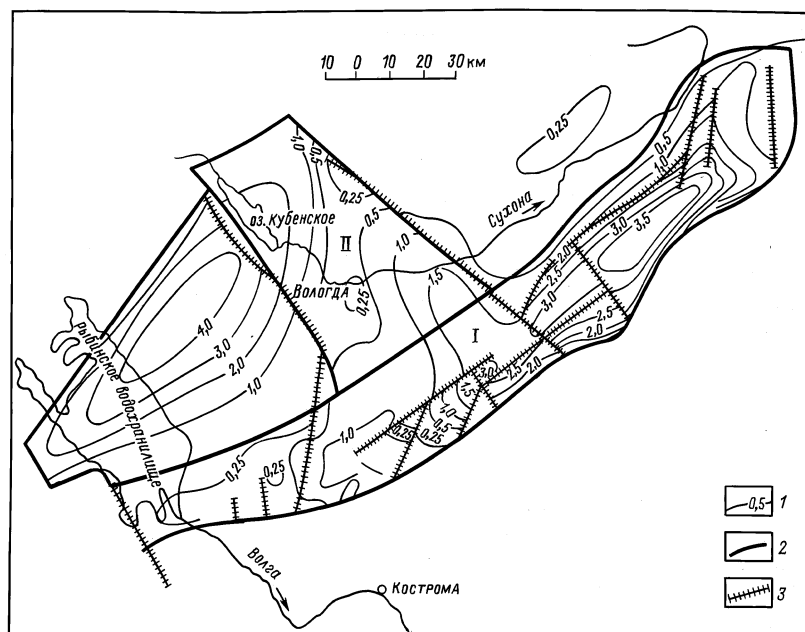


Рис. 31. Подсчетные участки (I, II) рифейских отложений Московской синеклизы (составил А.Н. Руднев, 1996 г.):
 1 – изопакиты рифея, 2 – границы участков, 3 – разломы

Коэффициент извлечения газа принят для всех комплексов 0,8.

Для Тиманского района, который в момент генерации нефти и газа представлял собой пассивную континентальную окраину, коэффициенты были снижены. Это сделано для учета эволюции данной мощной линзы во время коллизионных процессов, когда, на наш взгляд, часть объема углеводородов была выжата в сторону Мезенской синеклизы, а большая часть разрушена. При этом, вероятно, часть объема сохранилась в самом складчатом сооружении, на что указывают притоки нефти и газа, полученные во многих районах Тимана.

Расчет количества образовавшейся нефти проведен отдельно по рифейским и вендским отложениям. Размещение подсчетных участков показано на рис. 30, 33. Положение границ участков по рифейским и вендским отложениям в Мезенской и Московской синеклизах не совпадает, так как учтены глубины погружения отложений венда.

Значения основных параметров приведены в табл. 6.

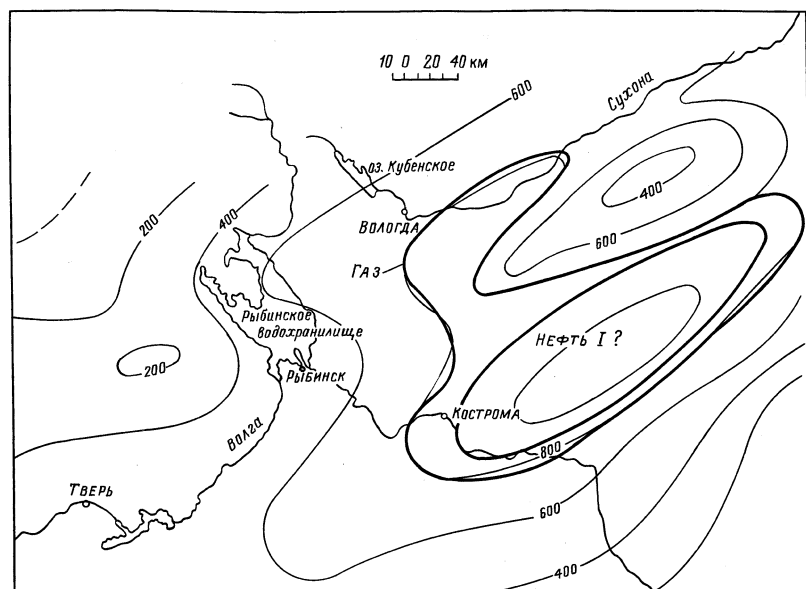


Рис. 33. Подсчетные участки вендских отложений Московской синеклизы (1996 г.)

Геохимические показатели, использованные для подсчета, взяты по данным ВНИГРИ и опубликованным источникам.

Значения $K_{эм}$, рассчитанные С.Н. Неручевым для разных стадий катагенеза ОВ, приведены в табл. 3. Здесь же приведены коэффициенты генерации газа сапропелевым ОВ.

Количество эмигрировавших из глин в коллекторы жидких УВ ($Q_{эм}$) в пределах подсчетных участков (районов, областей) является результирующим итогом совокупного влияния всех рассмотренных выше параметров:

$$Q_{эм} = q_{xb} h S \frac{K_{эм}}{1 - K_{эм}},$$

где q_{xb} — удельное содержание остаточного хлороформенного битумоида (в т/км²·м) в глинистых породах; с поправкой на потерю бензиновых и керосиновых фракций $q_{xb} = 1,2 C_{орг} \beta_{xb} 10^2$.

Оценка ресурсов нефти по данным объемно-генетического метода в Мезенской синеклизе составила 665,9 млн. т. Основная часть ее сосредоточена в рифейском комплексе (74 %) и только 26 % приходится на вендский комплекс.

Таблица 6

Прогнозные ресурсы количества нефти, генерированной глинистыми породами докембрийского комплекса

Потенциально нефтегазоносные области, районы и подсчетные участки	Количество остаточного ХБ на 1 км ² и 1 м мощности глинистых пород, т/км ² ·м	Мощность глинистых пород, м	Площадь, км ²	Средняя глубина залегания, км	Коэффициент эмиграции и изглинистых пород	Количество эмигрировавших из глинистых пород жидких УВ, млн. т	Коэффициент аккумуляции и сохранности жидких УВ	$K_{извд}$	Извлекаемые ресурсы нефти, генетически связанные с соответствующими источниками, млн. т
<i>Мезенская синеклиза, рифейский комплекс</i>									
Тиманская	100	6 000	97 500	6,0	0,9	526 500	0,02	0,05	526,5
Сафоновско – Пешская	95	1 000	20 100	3,5	0,85	767	0,03	0,15	48,5
Лешуконско – Пинежская	75	600	68 800	3,5	0,8	12 384	0,03	0,15	55,7
Мезенско – Вашкинская	80	350	40 000	2,75	0,75	3 360	0,03	0,15	15,2
Несско – Тылугская	90	270	11 200	2,2	0,5	272	0,03	0,15	1,2
Юльско – Уфтыгская	45	250	34 400	2,5	0,45	317	0,03	0,15	1,4
									Итого: 648,5

Согласно расчетам, в Московской синеклизе рифейские образования содержат 3,4 млн. т нефти, вендские – 1,8 млн. т и то, только благодаря Галичскому прогибу, в котором они погружены на достаточные глубины. В процентном выражении это составляет 65 и 35 %, что ненамного отличается от Мезенской синеклизы.

8.1.2. ГАЗ

Генерированный ОВ газ вследствие диффузии более подвержен миграционным процессам. Практически весь его объем уходит из материнских пород. Поэтому в расчетах коэффициент $K_{эм}$ практически равен 1. Часть газа растворяется в пластовых водах. По расчетам В.Н. Корценштейна и других исследователей, соотношение газа, накопившегося в залежах и растворенного в пластовых водах, составляет около 1:10.

Отсутствие надежных покрышек, которые обычно связаны с галогенными толщами, которых нет ни в Московской, ни в Мезенской синеклизах, контролирует коэффициент аккумуляции, снижая его на порядок относительно K_a для нефти.

Диапазон изменения K_a на Русской платформе, в частности для Волго – Уральской провинции, составляет 0,0001 – 0,03.

Исходя из этого, для расчетов количества газа в Мезенской и Московской синеклизах были взяты минимальные значения K_a .

Коэффициенты извлечения газа приняты равными 0,8.

Расчет извлекаемых ресурсов газа Q_g (в м³) проводился по следующей формуле:

$$Q_g = \frac{C_{org}}{C_{nov}} \rho h S \gamma K_{ак} K_{извл} \cdot 10^7,$$

где C_{nov} – содержание углерода в керогене сапропелевого ОВ, % (массовая доля); γ – количество генерированных углеводородных газов сапропелевым ОВ, % (массовая доля) на ОВ соответствующей стадии катагенеза.

Величины C_{nov} для различных генетических типов ОВ на разных стадиях катагенеза выбраны из лабораторных определений и опубликованных данных.

Значения γ взяты из табл. 3.

Результаты расчетов представлены в табл. 7.

При расчетах ресурсов газа рифейского комплекса использовался и Тиманский участок, оказавший, вероятно, большое влияние на смежный регион. Для него, как и при расчетах нефти, приняты более низкие $K_{ак}$.

Таблица 7

Расчет количества газа, генерированного глинистыми породами рифейского и вендского комплексов

Потенциально нефтегазоносные области, районы и подсчетные участки	Содержание $S_{орг}$, %	Мощность глинистых пород, м	Площадь, км ²	Средняя глубина залегания, км	Плотность пород, г/м ³	Содержание углерода в НОВ, %	Количество углеводородного газа, генерированного от начала ПК до данной стадии катагенеза, % (массовая доля) на ОВ	Коэффициент аккумуляции газообразных УВ	$K_{извл}$	Извлекаемые ресурсы газа, ценестически связанно – гос ответственными источниками, млрд. м ³
<i>Мезенская синеклиза, рифейский комплекс</i>										
Тиманская	1,1	6 000	97 500	6,0	2,7	77,9	24,2	0,002	0,8	67,2
Сафоновско – Пешская	0,2	1 000	20 100	3,5	2,6	77,8	4,3	0,01	0,8	2,8
Лешуконско – Пинежская	0,2	600	68 800	3,5	2,6	77,8	3,6	0,01	0,8	11,4
Мезенско – Вашкинская	0,2	350	40 000	2,75	2,4	77,6	2,8	0,01	0,8	1,8
Несско – Тылугская	0,2	270	11 200	2,2	2,36	77,25	2,1	0,01	0,8	0,4
Юльско – Уфтюг – ская	0,2	250	34 400	2,5	2,4	77,5	2,6	0,01	0,8	1,3
										Итого: 84,9
<i>Мезенская синеклиза, вендский комплекс</i>										
Сафоновско – Пешский	0,12	800	20 100	2,8	2,4	77,8	1,8	0,02	0,8	4,2
Лешуконско – Пинежский	0,11	700	68 800	2,2	2,3	77,4	1,7	0,02	0,8	5,0
Мезенско – Вашкинский	0,12	650	40 000	2,1	2,35	77,5	1,8	0,02	0,8	2,3

Продолжение табл. 7

Потенциально нефтегазоносные области, районы и подсчетные участки	Содержание $S_{орг}$, %	Мощность глинистых пород, м	Площадь, км ²	Средняя глубина залегания, км	Плотность пород, г/м ³	Содержание углерода в НОВ, %	Количество углеводородного газа, генерированного от начала ПК до данной стадии катагенеза, % (массовая доля) на ОВ	Коэффициент аккумуляции газообразных УВ	$K_{извл}$	Извлекаемые ресурсы газа, генетически связанного с соответствующими источниками, млрд. м ³
Несско-Тылугский Юльско-Уфтыогский	0,1	670	11 200	1,8	2,3	76,4	1,5	0,02	0,8	1,2
	0,1	300	34 400	2,0	2,3	77,1	1,7	0,02	0,8	0,9
<i>Московская синеклиза, рифейский комплекс</i>										
Солигаличско-Рослятинский Вологодский	0,1	500	5 200	4	2,6	77,8	4,3	0,02	0,8	0,4
	0,1	2 000	6 600	4	2,6	77,8	4,3	0,02	0,8	1,2
<i>Московская синеклиза, вендский комплекс</i>										
Галичский	0,2	500	11 250	3,2	2,7	77,9	6,9	0,02	0,8	2,2
										Итого: 3,8 Всего: 102,3

Мезенская синеклиза характеризуется суммарными извлекаемыми ресурсами, составляющими (с учетом Тимана) 98,5 млрд. м³. Ресурсы Московской синеклизы – 3,8 млрд. м³. При этом соотношение рифей/венд для Мезенской синеклизы равно 68/32, для Московской – 42/58.

8.2. ОЦЕНКА РЕСУРСОВ УВ ОБЪЕМНО-СТАТИСТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Для рассматриваемых регионов, характеризующихся весьма слабой изученностью, достоверно известны площадь и мощность осадочного чехла, поэтому на настоящем этапе возможно использование объемно – статистического метода оценки ресурсов, связанных с древними толщами.

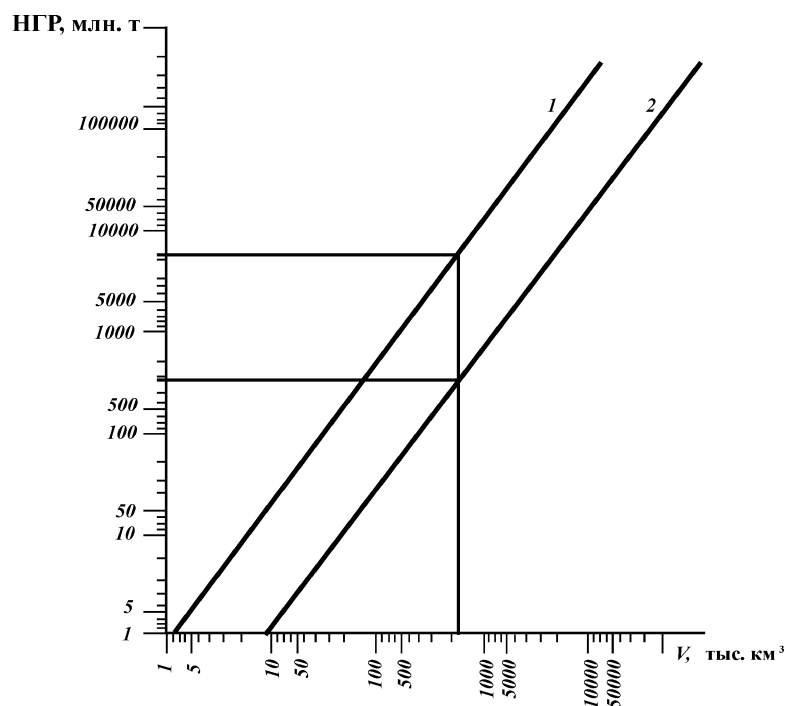


Рис. 34. Статистическая связь между объемами (V) осадочного выполнения бассейнов и величиной начальных потенциальных геологических ресурсов (млн. т в условной сумме УВ)

Существуют расчеты, описывающие сложные зависимости количества ресурсов от объема осадочного бассейна. Нелинейная связь обычно присуща малым бассейнам.

Для крупных бассейнов обычно используется зависимость, показанная на рис. 34. В общем случае используется кривая 1.

Для малоизученных и неблагоприятных бассейнов для прогноза используется кривая 2.

В первом приближении полученные данные могут служить ориентиром для иных видов оценки.

На рис. 34 показано, что Мезенская синеклиза характеризуется величиной начальных потенциальных ресурсов, которые заключены в интервале от 790 млн. т до 9,3 млрд. т условного топлива.

Для Московской синеклизы ресурсный интервал составляет 5–58 млн. т.

Для отдельной оценки ресурсов нефти и газа использованы статистические показатели соотношения нефти к газу как 4:1.

При соответствующем пересчете для Московской синеклизы отношение нефть/газ составит для минимума запасов 3,75 млн. т/1,2 млрд. м³, для максимума – 43,5 млн. т/14,5 млрд. м³.

Для Мезенской синеклизы соотношение нефть/газ составит соответственно 592,5 млн. т/197,5 млрд. м³ и 6,975 млрд. т/ 232,5 млрд. м³.

8.3. АНАЛИЗ ПРОВЕДЕННОЙ ОЦЕНКИ РЕСУРСОВ

Сопоставление полученных различными методами результатов оценки (табл. 8) показывает сходимость данных объемно – генетического метода с данными, взятыми с кривой 2 (см. рис. 34) объемно – статистического графика.

Близость полученных результатов свидетельствует об отсутствии больших ошибок в проведенной оценке.

Полученные оценки ресурсов характеризуют провинции в целом и не отражают перспектив отдельных их элементов.

За время эволюции углеводороды перераспределились по площади и разрезу, особенно в зонах разломов. Поменялось их соотношение во впадинах и на поднятиях.

Поэтому при оценке перспектив нефтегазоносности эти перераспределения следует учитывать.

Таблица 8

Результаты оценок начальных суммарных ресурсов УВ Мезенской и Московской ПНГЦ, полученных разными методами

Метод оценки СНР	Величина начальных суммарных ресурсов УВ (извлекаемых)			Плотность ресурсов УВ, тыс. т/км ² (извлекаемых)
	Всего УВ, млн. т УТ	Нефть, млн. т	Газ, млрд. м ³	
<i>Мезенская синеклиза</i>				
Объемно – генети – ческий	764,4	665,9	98,5	3,81
Объемно – статис – тический	790,0	592,5	197,5	4,52
<i>Московская синеклиза</i>				
Объемно – генети – ческий	9,0	5,2	3,8	0,04
Объемно – статис – тический	5,0	3,75	1,25	0,02

Глава 9

МЕТОДИКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ РЕСУРСОВ УГЛЕВОДОРОДОВ

Известные временные методики экономической оценки прогнозных и перспективных ресурсов нефти и газа, а также аналогичные подходы, применявшиеся при мониторинге ресурсов и запасов нефти, к настоящему времени во многом устарели и не могли быть использованы для решения поставленных задач.

Исходная информация для экономической оценки прогнозных ресурсов углеводородов Мезенской и Московской синеклиз была представлена следующими данными:

выделенными нефтегазоперспективными районами и подсчетными участками (их название и площадь);

количеством залежей углеводородов по этим районам и участкам, дифференцированным по средней величине извлекаемых запасов, среднему начальному дебиту, средней глубине залегания, средней площади с разделением их на антиклинальные и неантиклинальные (табл. 9).

Для экономической оценки оказалось необходимым трансформировать количество залежей в самостоятельные объекты разработки (месторождения). Для залежей, по которым средняя величина извлекаемых запасов углеводородов превышала 2 млн. т, трансформацию сделали исходя из принципа "одна залежь – одно месторождение"; в случае залежей с запасами меньше 2 млн. т при "формировании" прогнозируемых месторождений их объединяли исходя из принципа "две или три залежи – одно месторождение". При этом площадь такого месторождения на 30 % превышала площадь одной залежи.

В основу экономической оценки нефтегазовых ресурсов был положен принятый в рыночной экономике подход: расчет по прогнозируемым месторождениям (в случае предполагаемой их разработки) двух показателей – чистой дисконтированной стоимости (NPV) и внутренней нормы рентабельности (IRR). Первый из них представляет собой эквивалент сверхдохода, получаемого за период разработки месторождения; второй – ожидаемый процент на капитал, инвестированный в разработку этого месторождения.

Таблица 9

**Исходные данные для экономической оценки
прогнозных ресурсов нефти и газа Мезенской
и Московской синеклиз**

Участок	Извле- каемые запасы, млн. т	Дебит, т/сут	Глубина, км	Площадь, км ²	Число залежей	Число место- рождени й
<i>Мезенская синеклиза, рифейский комплекс</i>						
1	3	5	4	4	30/30	10/10
	4	5	4	6	6/6	3/3
	7	5	4	8	2/1	2/1
	15	5	4	20	1/0	1/0
2	3	10	4	4	38/38	13/13
	4	10	4	6	7/7	3/3
	7	10	4	6	2/1	2/1
	15	10	4	20	1/0	1/0
3	3	10	4	4	13/13	4/4
	4	10	4	6	3/2	1/1
	7	10	4	8	1/0	1/0
	15	10	4	20	1/0	1/0
4	3	10	3	5	66/66	22/22
	4	10	3	7	11/10	5/5
	7	10	3	10	2/2	2/2
	15	10	3	25	1/1	1/1
5	65	12	3	100	1/0	1/0
	3	12	2,5	6	15/15	5/5
	6	12	2,5	12	3/3	1/1
	7	12	2,5	25	1/0	1/0
6	15	12	2,5	50	—	—
	1	10	3	3	1/1	1/1
	2	10	3	6	—	—
<i>Мезенская синеклиза, вендский комплекс</i>						
1	3	15	2,8	5	9/8	2/3
	2	15	2,8	9	1/0	1/0
2	3	15	3	5	5/4	2/1
	2	15	3	6	—	—
<i>Московская синеклиза, рифейский комплекс</i>						
1	0,3	5	4	5	1/1	1/1
2	0,6	5	4,5	4	1/0	1/0
<i>Московская синеклиза, вендский комплекс</i>						
3	0,5	15	3,2	4	1/0	1/0
	1,3	15	3,2	7	1/0	1/0

Примечание. Здесь и далее в числителе — число антиклинальных залежей, в знаменателе — неантиклинальных.

При расчете чистой дисконтированной стоимости норма дисконта была принята на уровне 10 %. Поэтому NPV отражала эквивалент того дохода, который может быть получен сверх 10 % годовых на вложенный капитал.

При расчете этих показателей рассматривалась общая эффективность проекта, т.е. общий экономический эффект разработки без разделения его на часть, представленную различными налогами и выплатами, и часть, представленную чистым доходом инвестора. Такой подход оправдан на данной стадии экономической оценки нефтегазовых ресурсов, так как устанавливаемая величина налогов и выплат может варьировать во времени и по месторождениям. Вместе с тем по величине общей эффективности освоения ресурсов можно судить о целесообразности их разработки при налоговой системе, существующей сегодня в нефтегазовой отрасли.

При экономической оценке ресурсов не учитывались затраты на их поиск и разведку. На данной стадии исследования построение модели для оценки капиталовложений и времени на поиск и разведку не производилось. Это является предметом дальнейших более детальных исследований. В связи с этим при интерпретации значений полученных экономических показателей следует учитывать, что они несколько завышены.

Расчет экономических показателей осуществлен в постоянных ценах в долларовом эквиваленте. Были рассмотрены три варианта освоения, различающиеся уровнем нормативов затрат: оптимистический (стоимость метра бурения скважин 0,10 тыс. долл. и укрупненные комплексные капитальные затраты в обустройство промысла с учетом экологических затрат 400 тыс. долл. на скважину), ожидаемый (соответственно 0,15 и 450 тыс. долл.) и пессимистический (соответственно 0,20 и 500 тыс. долл.). Эти величины получены на основании изучения нормативов 1996 г., используемых при проектировании разработки нефтяных месторождений Западной Сибири и Урало–Поволжья, с некоторой их корректировкой в сторону уменьшения (речь идет о центральных районах, где многие виды затрат должны быть существенно ниже).

Затраты выражали в долларовом эквиваленте для того, чтобы придать полученным результатам больший период их экономической значимости. Особенно это касается показателя чистой дисконтированной стоимости. Эквивалент рассчитывался на основании среднегодовой стоимости доллара в российских рублях за 1996 г.

Модель будущей разработки нефтяных месторождений (газовые месторождения не рассматривались в связи с их малым удельным весом в общих запасах углеводородов) была достаточно агрегированной и соответствовала составу исходной информации.

Рассматривались три возможные сетки скважин – 4, 9 и 16 га на скважину. Основываясь на значении площади каждого месторождения, рассчитывали соответствующее количество эксплуатационных скважин (табл. 10). В дальнейшем при выборе сетки скважин по этим месторождениям исходили из принципа, что за 20–летний срок эксплуатации должно быть извлечено примерно 80 % извлекаемых запасов, а добыча за этот период, приходящаяся на одну скважину, должна находиться в пределах от 60 до 80 тыс. т.

Период разбуривания месторождений в зависимости от их запасов и площади варьировал от 1 до 4 лет. Коэффициент падения дебита составлял от 0,93 до 0,95. Количество суток работы скважин в год по мере разработки месторождения уменьшалось от 365 до 340. Предусматривалась система разработки с заводнением и с бурением нагнетательных скважин, количество которых составляло 20 % от общего числа скважин. Соотношения между добычей нефти,

Таблица 10

Расчет количества эксплуатационных скважин (в числителе) и величины извлекаемой нефти в среднем на одну скважину (в знаменателе)

Площадь месторождения, км ²	Извлекаемые запасы, млн. т	Плотность сетки эксплуатационных скважин, км ² /скв.		
		0,04	0,09	0,16
100	65	2500/26	1111/58	625/104
50	15	1250/12	555/27	312/48
25	15	625/24	280/54	156/96
20	15	500/30	222/68	125/120
25	7	625/12	277/25	156/49
10	7	250/28	111/63	63/111
8	7	200/35	88/79	50/40
6	7	150/46	67/104	38/184
12	6	300/20	133/45	75/80
7	4	175/23	77/52	44/90
6	4	150/26	66/60	38/105
6	3	150/20	67/45	38/79
5	3	125/24	55/55	31/96
4	3	100/30	44/68	25/120
9	2	225/9	100/20	56/36
6	2	150/14	66/30	38/53
7	1,3	175/7	78/17	44/30
3	1	75/14	34/30	19/53
4	0,6	100/6	44/14	25/24
4	0,5	100/5	45/11	25/20
5	0,3	125/3	56/6	32/10

Примечание. В числителе – извлекаемые запасы, в знаменателе – число скважин.

жидкости и закачкой воды по мере эксплуатации месторождения менялись в пропорциях от 1 до 3,3 и от 1 до 3,5 (соотношения были выбраны эмпирически).

Результаты расчетов экономических показателей по каждому типу месторождений за 20-летний период вместе с другой информацией представлены по районам и выделенным участкам в табл. 11, 12, 13.

Для экономической характеристики перспектив освоения нефтегазовых ресурсов по отдельным районам и подсчетным

Таблица 11

Результаты экономической оценки прогнозируемых месторождений углеводородов в Мезенской и Московской синеклизах (оптимистический вариант)

Участок	Извлекаемые запасы, млн. т	Дебит, т/сут	Глубина, км	Число месторождений	IRR, %	NPV, тыс. долл.
<i>Мезенская синеклиза, рифейский комплекс</i>						
1	3	5	4	30/30	10,4	1 539
1	4	5	4	6/6	10,4	1 959
1	7	5	4	2/1	10,4	3 499
1	15	5	4	1/0	10,4	7 278
2	3	10	4	13/13	44,3	57 933
2	4	10	4	3/3	61,3	147 987
2	7	10	4	2/1	44,3	131 746
2	15	10	4	1/0	42,6	266 011
3	3	10	4	4/4	44,3	57 933
3	4	10	4	1/1	61,3	147 987
3	7	10	4	1/0	44,3	131 746
3	15	10	4	1/0	42,6	266 011
4	3	10	3	22/22	56,2	63 655
4	4	10	3	5/5	80,1	159 442
4	7	10	3	2/2	56,3	144 757
4	15	10	3	1/1	56,3	301 236
4	65	12	3	1/0	77,9	1 329 991
5	3	12	2,5	5/5	96,2	73 116
5	6	12	2,5	1/1	93,9	165 169
5	7	12	2,5	1/0	91,7	166 369
6	1	10	3	1/1	54,5	21 179
<i>Мезенская синеклиза, вендский комплекс</i>						
1	3	15	2,8	2/3	153,3	77 571
1	2	15	2,8	1/0	153,5	58 621
2	3	15	3	2/1	141,7	76 843
<i>Московская синеклиза, рифейский комплекс</i>						
1	0,3	5	4	1/1	7,3	1,128
2	0,6	5	4,5	1/0	7,5	2,166
<i>Московская синеклиза, вендский комплекс</i>						
3	0,5	15	3,2	1/0	126,7	13 866
3	1,3	15	3,2	1/0	131,9	36 819

Таблица 12

Результаты экономической оценки прогнозируемых месторождений углеводородов в Мезенской и Московской синеклизах (ожидаемый вариант)

Участок	Извлекаемые запасы, млн. т	Дебит, т/сут	Глубина, км	Число месторождений	IRR, %	NPV, тыс. долл.
<i>Мезенская синеклиза, рифейский комплекс</i>						
1	3	5	4	30/30	4,6	-27 096
1	4	5	4	6/6	4,6	-34 486
1	7	5	4	2/1	4,6	-61 583
1	15	5	4	1/0	4,6	-128 093
2	3	10	4	13/13	27,8	43 627
2	4	10	4	3/3	49,2	136 533
2	7	10	4	2/1	27,8	92 217
2	15	10	4	1/0	26,4	193 118
3	3	10	4	4/4	27,8	43 627
3	4	10	4	1/1	49,1	136 533
3	7	10	4	1/0	27,8	92 217
3	15	10	4	1/0	26,4	193 118
4	3	10	3	22/22	36,2	52 211
4	4	10	3	5/5	37,3	119 351
4	7	10	3	2/2	36,2	118 734
4	15	10	3	1/1	36,2	247 087
4	65	12	3	1/0	47,3	1 118 767
5	3	12	2,5	5/5	59,6	64 924
5	6	12	2,5	1/1	57,8	145 124
5	7	12	2,5	1/0	47,5	135 129
6	1	10	3	1/1	34,7	17 033
<i>Мезенская синеклиза, венгский комплекс</i>						
1	3	15	2,8	2/3	79,6	59 564
1	2	15	2,8	1/0	79,7	52 621
2	3	15	3	2/1	85,3	70 656
<i>Московская синеклиза, рифейский комплекс</i>						
1	0,3	5	4	1/1	1,2	-5 099
2	0,6	5	4,5	1/0	2,2	-9 366
<i>Московская синеклиза, венгский комплекс</i>						
3	0,5	15	3,2	1/0	70,7	12 263
3	1,3	15	3,2	1/0	74,6	33 154

участкам были использованы три показателя:

“ате“атиЦ-к”е”жида’ис %иЦ’ыЦ-т”й ди-к””тир”%’””й
-т”и“”-ти (NPV) • ри разраџ”тке ”ткры%ас“”<” и раз%д-е“”<”
“е-т”р”жде’иЦ

математическое ожидание величины внутренней нормы рентабельности (IRR) при разработке открываемого и разведываемого месторождения;

общее число прогнозируемых месторождений района.

Таблица 13

Результаты экономической оценки прогнозируемых месторождений углеводородов в Мезенской и Московской синеклизах (пессимистический вариант)

Участок	Извлекаемые запасы, млн. т	Дебит, т/сут	Глубина, км	Число месторождений	IRR, %	NPV, тыс. долл.
<i>Мезенская синеклиза, рифейский комплекс</i>						
1	3	5	4	30/30	1,1	- 55 739
1	4	5	4	6/6	1,1	- 70 932
1	7	5	4	2/1	1,1	- 126 665
1	15	5	4	1/0	1,1	- 263 464
2	3	10	4	13/13	19,3	29 321
2	4	10	4	3/3	34,3	113 624
2	7	10	4	2/1	20,6	73 194
2	15	10	4	1/0	17,8	120 226
3	3	10	4	4/4	19,3	29 321
3	4	10	4	1/1	34,5	113 624
3	7	10	4	1/0	20,1	73 194
3	15	10	4	1/0	17,9	120 226
4	3	10	3	22/22	25,8	40 766
4	4	10	3	5/5	25,6	90 715
4	7	10	3	2/2	25,8	92 711
4	15	10	3	1/1	25,8	129 939
4	65	12	3	1/0	32,7	907 542
5	3	12	2,5	5/5	42,3	56 732
5	6	12	2,5	1/1	40,7	125 078
5	7	12	2,5	1/0	39,0	122 633
6	1	10	3	1/1	24,4	12 888
<i>Мезенская синеклиза, вендский комплекс</i>						
1	3	15	2,8	2/3	54,2	62 284
1	2	15	2,8	1/0	54,3	47 167
2	3	15	3	2/1	58,0	63 740
<i>Московская синеклиза, рифейский комплекс</i>						
1	0,3	5	4	1/1	- 2,2	- 8 786
2	0,6	5	4,5	1/0	- 1,3	- 16 566
<i>Московская синеклиза, вендский комплекс</i>						
3	0,5	15	3,2	1/0	45,6	10 659
3	1,3	15	3,2	1/0	50,1	29 488

Каждый из этих показателей отражает свою сторону экономической оценки перспектив освоения рассматриваемых районов, а все вместе они хорошо дополняют друг друга. Например, более высокие значения показателей NPV и IRR в одном районе по сравнению с другим еще не говорят о безоговорочной его приоритетности с точки зрения начала поисково-разведочных работ. Для последнего необходимо еще и преимущество в общем количестве прогнозируемых объектов, так как от этого зависит экономическая целесообразность создания в районе соответствующей инфраструктуры и возможности

наращивания общей нефтедобычи с получением адекватного экономического эффекта.

С другой стороны, при сравнении ожидаемых значений NPV и IRR по районам вполне вероятны случаи, когда их приоритетность по этим критериям не будет совпадать. Такие случаи, как показывает практика проектирования, крайне редки при сравнении вариантов разработки одного месторождения и выбора наилучшего из них. Однако в случае сравнения разных месторождений и их групп они часто могут возникать. В такой ситуации при значительной разнице в значениях сравнительных показателей можно отдавать предпочтение более высоким значениям NPV или IRR, принимая во внимание, что в первом случае отдается предпочтение получению большей массы сверхдохода за весь период разработки, а во втором – более быстрому возмещению вложенного капитала, что немаловажно, особенно при возможности его реинвестирования в разработку таких же высокорентабельных месторождений.

9.1. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ПРОГНОЗНЫХ РЕСУРСОВ УГЛЕВОДОРОДОВ МЕЗЕНСКОЙ И МОСКОВСКОЙ СИНЕКЛИЗ

Результаты расчетов экономических показателей в соответствии с тремя вариантами оценки представлены в таблицах (табл. 14 – 16) и на картах (рис. 35 – 37).

В дальнейшем приводят интерпретацию экономических показателей по ожидаемому варианту, учитывая, что соответствующие выводы по оптимистическому и пессимистическому вариантам могут быть сделаны лицами, разделяющими эти точки зрения.

Как следует из этих результатов, наиболее перспективной с точки зрения поиска и разведки месторождений углеводородов оказывается Мезенско – Вашкинская область (рифейский комплекс), где ожидаемое NPV при разработке открытого месторождения углеводородов составляет около 35 млн. долл., а IRR – примерно 35 %. Несмотря на то что по другим районам прогнозируются более высокие значения IRR, к такому выводу склоняет общее количество потенциальных объектов разработки (61), способствующее повышению эффективности освоения углеводородных ресурсов данного региона за счет экономии затрат на создание соответствующей общей инфраструктуры. К тому же именно

Таблица 14
**Сводные экономические показатели по районам и подсчетным участкам
 Мезенской и Московской синеклиз (оптимистический вариант)**

Название области, района или подсчетного участка	Количество прогнозируемых объектов разработки	Математическое ожидание NPV при разработке открываемого объекта, млн. долл.	Математическое ожидание IRR при разработке открываемого объекта, %
<i>Мезенская синеклиза, рифейский комплекс</i>			
1. Тиманская	76	1,8	10
2. Сафоновско – Пешская	36	84,5	47
3. Лешуконско – Пинежская	12	96,2	47
4. Мезенско – Вашкинская	61	111,0	59
5. Несско – Ты – лугская	13	93,1	95
6. Юльско – Уф – тюгская	2	21,2	54
<i>Мезенская синеклиза, венгский комплекс</i>			
1. Пешский	6	74,3	153
2. Сафоновско – Котласский	3	76,8	142
<i>Московская синеклиза, рифейский комплекс</i>			
1. Солигаличско – Рослятинский	2	1,1	7
2. Вологодский	1	2,2	7
<i>Московская синеклиза, венгский комплекс</i>			
3. Галичский	2	25,3	129

здесь прогнозируется открытие самого крупного месторождения Мезенской и Московской синеклиз, извлекаемые запасы которого оцениваются в 65 млн. т, что в соответствии с известными теоретическими положениями (подтвержденными практикой) должно приводить к максимуму экономической эффективности поисково – разведочных работ.

Следует отметить, что полученное значение внутренней нормы рентабельности (более 20 %) говорит о прогнозируемых характеристиках открываемого месторождения, достаточных для его рентабельной эксплуатации в условиях действующей сегодня системы налогообложения в сфере добычи углеводородов. Известно, что в случае получения значения IRR до налогов менее 20 % речь может идти о целесообразности инвестирования в разработку только на условиях заключения соглашения о разделе продукции.

Таблица 15

Сводные экономические показатели по районам и подсчетным участкам Мезенской и Московской синеклиз (ожидаемый вариант)

Название области, района или подсчетного участка	Количество прогнозируемых объектов разработки	Математическое ожидание NPV при разработке открываемого объекта, млн. долл.	Математическое ожидание IRR при разработке открываемого объекта, %
<i>Мезенская синеклиза, рифейский комплекс</i>			
1. Тиманская	76	- 30,3	4,6
2. Сафоново-Пешская	36	69,0	31,3
3. Лешуконско-Пинежская	12	75,4	31,0
4. Мезенско-Вашкинская	61	89,4	34,9
5. Несско-Ты-лугская	13	81,5	57,9
6. Юльско-Уф-тюгская	2	17,0	34,7
<i>Мезенская синеклиза, вендский комплекс</i>			
1. Пешский	6	56,0	79,7
2. Сафоново-Котласский	3	70,6	85,3
<i>Московская синеклиза, рифейский комплекс</i>			
1. Солигаличско-Рослятинский	2	- 5,0	1,2
2. Вологодский	1	- 9,3	2,2
<i>Московская синеклиза, вендский комплекс</i>			
3. Галичский	2	22,7	72,7

На втором месте с точки зрения целесообразности начала освоения углеводородных ресурсов находится вендский комплекс Мезенской синеклизы (Пешский и Сафоново-Котласский районы).

Здесь прогнозируется открытие только 9 месторождений углеводородов, но с очень высокими значениями NPV и IRR (соответственно порядка 60 млн. долл. и 80 %), что в первую очередь связано с прогнозируемыми относительно высокими начальными дебитами скважин (15 т в сутки). При таких значениях экономических показателей даже в пессимистическом варианте (см. табл. 16) остается достаточный запас прочности для достижения рентабельной разработки месторождений углеводородов (IRR – порядка 55 %, NPV – порядка 60 млн. долл.), что вполне приемлемо для потенциального инвестора в условиях существующей налоговой системы.

Таблица 16

Сводные экономические показатели по районам и подсчетным участкам Мезенской и Московской синеклиз (пессимистический вариант)

Название области, района или подсчетного участка	Количество прогнозируемых объектов разработки	Математическое ожидание NPV при разработке открываемого объекта, млн. долл.	Математическое ожидание IRR при разработке открываемого объекта, %
<i>Мезенская синеклиза, рифейский комплекс</i>			
1. Тиманская	76	– 63,7	1,1
2. Сафоново–Пешская	36	49,3	21,7
3. Лешуконско–Пинежская	12	54,4	21,6
4. Мезенско–Вашкинская	61	68,1	25,3
5. Несско–Тылугская	13	71,3	44,2
6. Юльско–Уф–тюгская	2	12,8	24,4
<i>Мезенская синеклиза, венгский комплекс</i>			
1. Пешский	6	59,7	54,1
2. Сафоново–Котласский	3	63,7	58,0
<i>Московская синеклиза, рифейский комплекс</i>			
1. Солигаличско–Рослятинский	2	– 8,7	– 2,2
2. Вологодский	1	– 16,5	– 1,3
<i>Московская синеклиза, венгский комплекс</i>			
3. Галичский	2	20,0	47,8

На третьем месте оказываются Сафоново–Пешская и Несско–Тылугская области Мезенской синеклизы (рифейский комплекс), где прогнозируемые значения (математическое ожидание) NPV и IRR находятся в интервале соответственно 60–80 млн. долл. и 30–60 %. Одинаковая их оценка с точки зрения перспектив освоения определяется известной компенсацией меньших значений экономических показателей по Сафоново–Пешской области большим числом потенциальных объектов разработки. Полученные значения IRR по этим областям достаточно высокие, что позволяет сделать предположение о рентабельности освоения этих ресурсов даже с учетом затрат на их поиск и разведку (это снизит IRR на 5–10 %) и в условиях нынешней налоговой системы.

Четвертое место по степени перспективности освоения их нефтегазовых ресурсов занимает Лешуконско–Пинежская об–

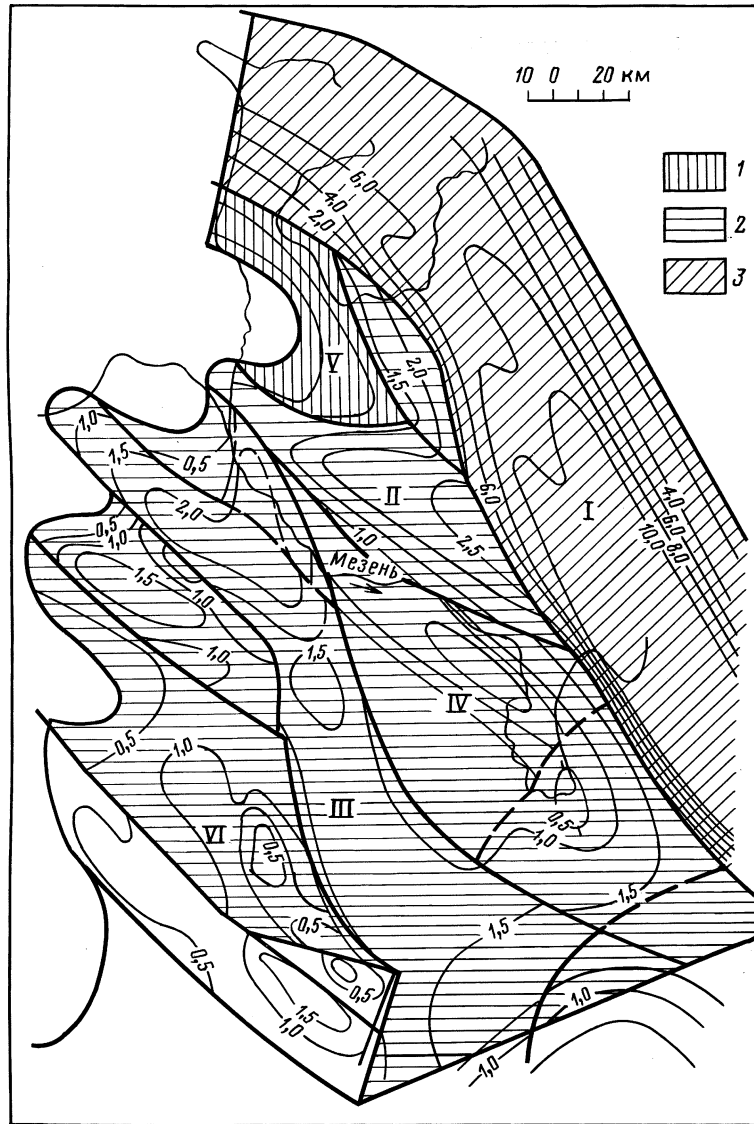


Рис. 35. Результаты экономической оценки УВ ресурсов рифейских отложений (ожидаемый вариант) Мезенской синеклизы (1996 г.): I-VI - подсчетные участки; значения IRR при разработке открываемого объекта: 1 - 40-60%; 2 - 20-40%, 3 - 0-20%



Рис. 36. Результаты экономической оценки УВ ресурсов вендского комплекса (ожидаемый вариант) Мезенской синеклизы:
 I-II — подсчетные участки; 1 — значения IRR, равные 60–80 %, 2 — изопакиты венда, 3 — Тиманская сutura, 4 — границы подсчетных участков

ласть, где прогнозируется существование 12 объектов разработки с достаточно высокими экономическими показателями (NPV — порядка 70–75 млн. долл., IRR — порядка 30 %), что может определить рентабельную для инвестора разработку этих объектов в условиях заключения соглашения о разделе продукции. Речь идет о том, что возможно в условиях сегодняшнего налогового пресса такие месторождения окажутся привлекательными для инвестора

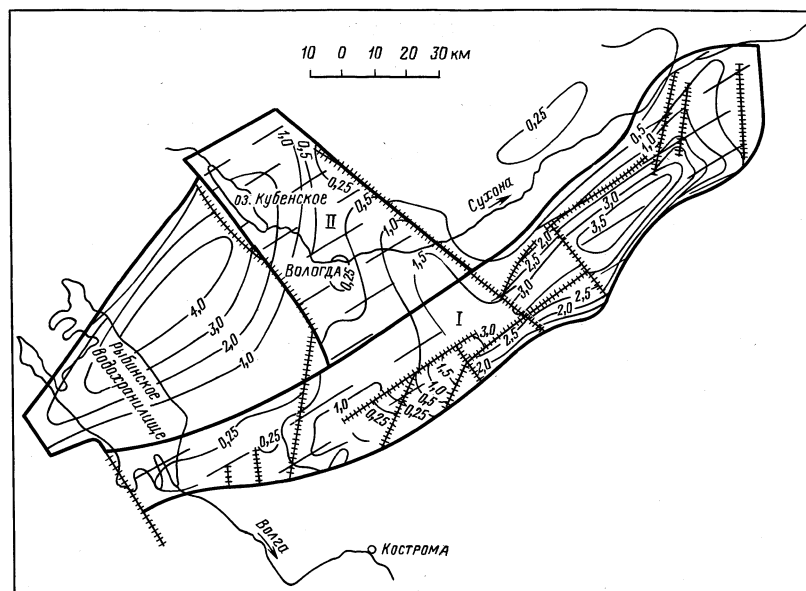


Рис. 37. Результаты экономической оценки УВ ресурсов рифейских отложений (ожидаемый вариант) Московской синеклизы. Условные обозначения см. на рис. 31

только в случае получения налоговых льгот в форме заключения отдельных соглашений.

Особое место в результате экономической оценки ресурсов углеводородов занимает Галичский район (Московская синеклиза, вендский комплекс), где прогнозируется только два объекта разработки с сравнительно небольшими значениями NPV (порядка 20 млн. долл.), но с очень высокими значениями IRR (порядка 70 %). Такое сочетание экономических показателей объясняется малыми извлекаемыми запасами этих объектов (порядка 1 млн. т), но самыми высокими прогнозируемыми начальными дебитами (15 т в сутки) и средней для рассматриваемых регионов глубиной залегания (порядка 3 км). Это делает достаточно привлекательным данный район для постановки поисково-разведочных работ, так как даже при пессимистическом варианте экономические показатели говорят о рентабельности разработки.

Остальные области и районы (Тиманская – Мезенская синеклиза, рифейский комплекс; Солигаличско-Рослятинский и Вологодский – Московская синеклиза, рифейский комплекс) характеризуются крайне низкими

значениями экономических показателей, что вынуждает сделать предположение о нерентабельности разработки этих объектов даже в условиях реализации оптимистического варианта.

Исключительно низкая изученность Мезенской синеклизы по сравнению с соседними регионами требует проведения в ее пределах значительного объема дополнительных работ.

Это, прежде всего, региональные сейсмические исследования МОГТ, которые необходимы для уточнения региональных особенностей строения рифтовых зон, выполненных перспективным в нефтегазоносном отношении рифейским комплексом, перекрытых синеклизным венд–кембрийским комплексом. Как отмечалось, рифейский комплекс представлен терригенными породами, мощность которых в рифтовых зонах достигает 2,0–2,5 км. Они содержат РОВ сапропелевого типа. Концентрация $S_{орг}$ составляет в среднем 0,15–0,5 %, ХБ–15÷17 %, а в пределах Тимана эти показатели значительно выше. Как показано, активные процессы нефтегазообразования могли протекать в пределах синеклизы в синрифтовое рифейское время, в момент орогенеза в Тиманском районе, во время внедрения диабазов в девоне и в какой–то мере в пермский период.

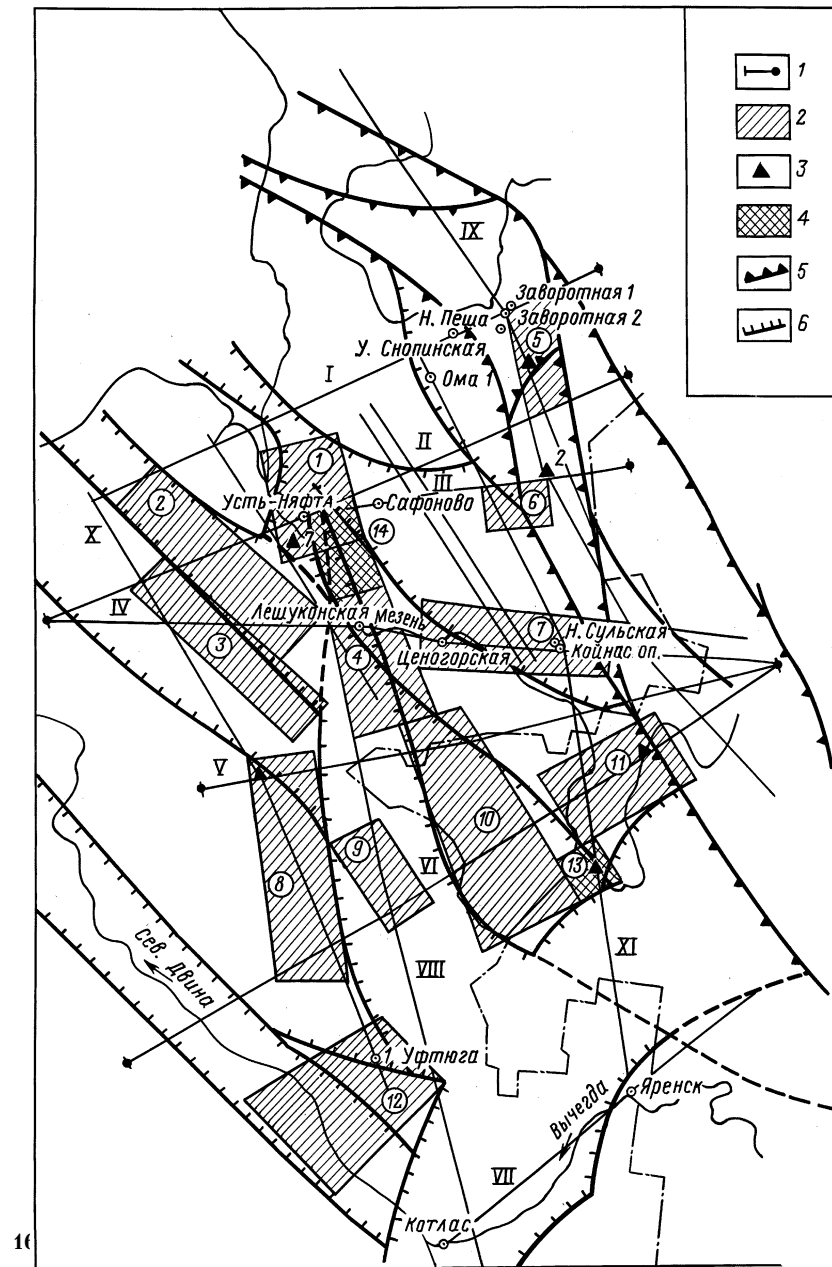
Неизученность разреза рифея не позволяет выделить во вскрытом скважинами разрезе толщи коллекторов и покрышек регионального и локального плана, однако можно полагать, что региональным экраном для рифейского комплекса в целом являются аргиллиты редкинского горизонта.

Региональные сейсмические профили МОГТ показаны на рис. 38. Большая их часть ориентирована на освещение строения Мезенской синеклизы, часть – на изучение строения рифейских чешуй в пределах Тиманской гряды, которые можно считать самостоятельным объектом для нефтегазопроисковых работ (Ворукаев и др., 1981). С этой целью ряд профилей охватывает (все восточные окончания субширотных площадей) Тиманскую гряду, а профиль IX Ухта – Канин рекомендуется обработать вдоль всего Тимана.

Рис. 38. Схема рекомендуемых работ:

1 – региональные профили МОГТ, 2 – площадные работы МОГТ, 3 – параметрические скважины, 4 – участки первоочередных работ, 5 – положение главного надвига Тимана, 6 – разломы. Рекомендуемые площади детальных работ (цифры в кружках): 1 – Усть–Няфтинская, 2 – Соянская, 3 – Керецкая, 4 – Лешуконская, 5 – Пешская, 6 – Сафоновская, 7 – Койнасская, 8 – Карпогорская, 9 – Среднепинежская, 10 – Вашкинская, 11 – Мезенская, 12 – Тойменская; первоочередные: 13 – Косланская, 14 – Лофтурско–Айпинская. I – XI номера профилей 15

Для скорейшего решения вопроса о нефтегазоносности
Ме-



зенской синеклизы, которая может являться альтернативным источником газоснабжения Севера европейской части России, рекомендованы следующие региональные профили МОГТ:

- I. р. Мегра – р. Индига;
- II. р. Полта – р. Сула;
- III. Усть–Няфта – р. Косма;
- IV. р. Полта – Четласский камень;
- V. Карпогоры – Четласский камень;
- VI. п. Шенкурск – Четласский камень;
- VII. Котлас – Ухта;
- VIII. Котлас – Канин;
- IX. Ухта – Канин;
- X. Уфтыга – р. Мегра;
- XI. Яренск – Ома.

С целью выделения и уточнения уже выявленных локальных поднятий в отложениях рифея рекомендуется провести детальные сейсмические работы на территории Лешуконского, Пинежского, Пешского, Сафоновского и Котласского рифтов. Как отмечалось, по отражающему горизонту намечены структуры в рифейском комплексе: Ким–женский, Восточно–Кимжен–ский в пределах Лешуконского рифта, Верпольский в Пинежском рифте, Уфтыгский на стыке Котласского и Онежского рифтов, Койнасский и Елькибский в пределах Мезенского горста. Детальными сейсмическими работами МОГТ могут быть установлены кроме антиклинальных складок ловушки, связанные с зонами выклинивания рифейских отложений в плечевых участках рифтовых зон и на склонах выступов фундамента, а также потенциальные ловушки, которые могут быть связаны с корами выветривания, зонами разуплотнения фундамента и рифейского комплекса в пределах Тимана, поднадвиговые ловушки.

В связи с этим рекомендованы следующие площади детальных сейсмических работ МОГТ (см. рис. 38): 1) Усть–Няфтинская, 2) Соянская, 3) Керецкая, 4) Лешуконская, 5) Пешская, 6) Сафоновская, 7) Койнасская, 8) Карпогорская, 9) Среднепинежская, 10) Вашкинская, 11) Мезенская, 12) Той–менская, 13) Косланская (Елькибская).

Кроме того, для увязки сейсморазведочных работ рекомендуется пробурить до вскрытия фундамента в Мезенской синеклизе с поисково–параметрическими целями скважины: 1)

Азопольскую, 2) Лешуконскую, 3) Елькибскую, 4) Медвежью, 5) Карпогорскую.

Для целенаправленного изучения строения рифейского комплекса и поднадвиговых зон в пределах Тимана рекомендуется бурение Нижне-Пезской и Ухтинской (Ярегской) скважин глубиной 4,5–5,0 км.

Заключение

Известные нефтегазопроявления допалеозойского комплекса в рифтовых зонах Московской и Мезенской синеклиз позволяют не только положительно оценивать перспективы их нефтегазоносности, но и ставить вопрос об их освоении. Для этого была необходима геолого-экономическая оценка освоения нефтегазового потенциала синеклиз.

Слабая изученность глубоких горизонтов разреза не позволяет точно оценивать ресурсы. Поэтому для этой цели использованы упрощенные варианты. В связи с тем, что ресурсы оценены по двум комплексам: рифейскому и вендскому – потребовалось в определенной степени рассмотреть структуру ресурсов.

Согласно известной статистике, в регионах с относительно небольшими ресурсами крупные залежи могут содержать до 10 % начальных ресурсов, что составит около 70 млн. т.

Основным нефтесодержащим комплексом должен являться рифейский.

Ловушки распределятся приблизительно следующим образом: 80 структурных и 115 неструктурных, хотя для Мезенской синеклизы этот показатель может быть весьма своеобразным, так как большая часть ловушек сосредоточена здесь в приразломных зонах и связана с нетрадиционным для известных нефтегазоносных регионов докембрийским комплексом.

Относительно скромные по размерам ресурсы, которые согласно принятым методам прогноза содержит рифейский комплекс Московской синеклизы, определяют и объем рекомендованных здесь работ.

Для лицензионных работ в пределах Солигаличско-Рослятинской рифтовой зоны рекомендуются на первом этапе два участка, расположенные в зоне развития рифейского комплекса:

1) Северная приразломная зона, включающая поднятия Тереховское, Васильевское, Городищенское, Побойщенское;

2) Центральная зона, включающая Бурдаковское, Тевигинское, Александровское поднятия.

В Мезенской синеклизе к лицензионным объектам следует отнести районы Мезенского горста и Вашкинской тектонической ступени, содержащие крупные локальные структуры (Кослан).

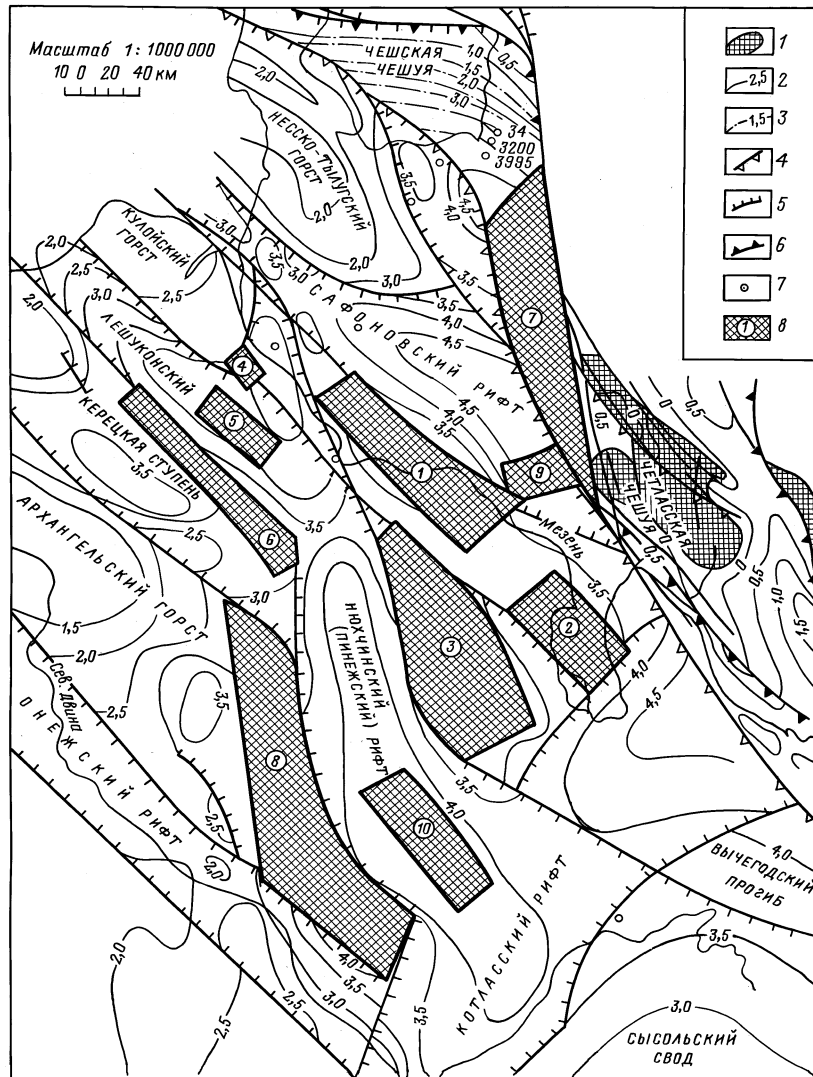


Рис. 39. Участки, рекомендуемые для лицензионных работ в Мезенской синеклизе:

1 – выход отложений рифея на поверхность, 2 – изогипсы поверхности фундамента, 3 – изогипсы поверхности рифея на Тимане, 4 – Тиманская сутура, 5 – сбросы, 6 – надвиги, 7 – глубокие скважины, 8 – рекомендуемые участки для лицензионных работ

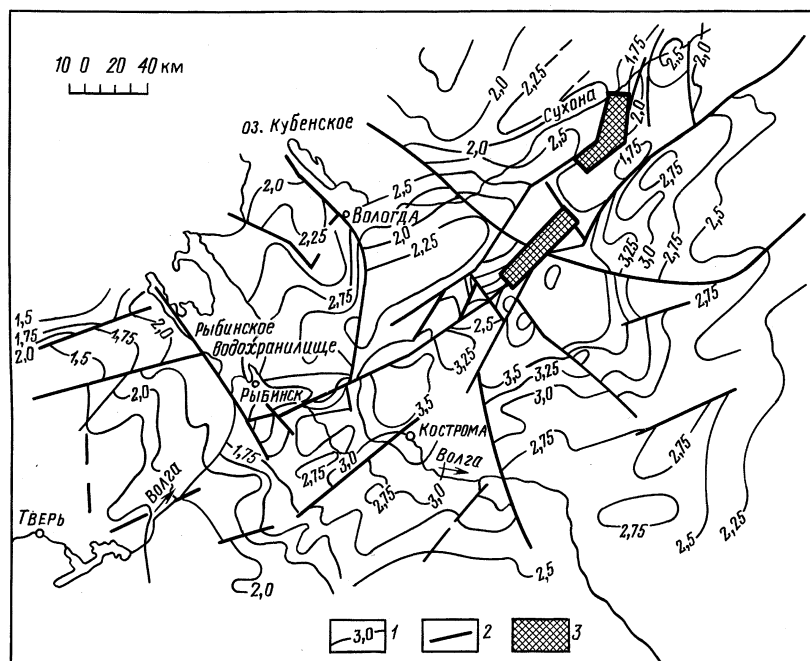


Рис. 40. Участки, рекомендуемые для лицензионных работ в Московской синеклизе:
 1 — изогипсы поверхности венда, 2 — разломы, 3 — участки, рекомендуемые для лицензионных работ

Кроме них рекомендуются площади Кумженского, Немнужского поднятий в Лешуконском рифте, Полтинского и Ежугского поднятий на Карецкой ступени, Вымского, Юльского и Уфтыогского — на юге Архангельского горста.

Для поисков поднадвиговых скоплений нефти и газа в отложениях рифея рекомендуется к лицензированию район Верхнепезской чешуи Тиманского сооружения (рис. 39, 40).

Оглавление

Введение	3
Глава 1. История проведения геолого-геофизических работ в центральных районах Восточно-Европейской платформы	5
Глава 2. Краткий очерк геологического строения	14
2.1. Московская синеклиза.....	14
2.2. Мезенская синеклиза.....	38
Глава 3. Геодинамическая эволюция	68
3.1. Геодинамическая эволюция докембрийского этапа развития региона.....	68
3.2. Геодинамическая эволюция региона в фанерозое	75
Глава 4. Анализ закономерных связей рифтовых зон и нефтегазоносности (на примере российских регионов)	82
Глава 5. Нефтегазоносность рифейско-вендских отложений Восточно-Европейской платформы	87
5.1. Признаки нефтегазоносности.....	87
Глава 6. Прогноз нефтегазоносности рифейских и вендских отложений северо-восточных регионов России по геохимическим критериям	92
Глава 7. Обоснование очагов генерации углеводородов и оценка перспектив нефтегазоносности	102
Глава 8. Оценка прогнозных ресурсов нефти и газа	108
8.1. Оценка начальных ресурсов УВ объемно – генетическим методом	109
8.2. Оценка ресурсов УВ объемно – статистическим методом.....	119
8.3. Анализ проведенной оценки ресурсов.....	120
Глава 9. Методика экономической оценки ресурсов углеводородов....	122
9.1. Результаты экономической оценки прогнозных ресурсов углеводородов Мезенской и Московской синеклиз.....	129
Заключение	139
Список литературы	142

Список литературы

1. Башилов В.И., Баженова С.Н., Розанова В.И. Разломы фундамента севера Русской плиты и Тимана и их отражение в структуре осадочного чехла // Изв. вузов. Сер. Геология и разведка. — 1975. — № 1. — С. 22–28.
2. Вдовыкин Г.П. Введение в нефтегазовую геологию траптовых регионов. — М.: Недра, 1994. — 287 с.
3. Ворукаев А.А., Овчинников Э.Н., Носов А.П. Перспективы наращивания запасов нефти в районе Ухтинской складки // Геология месторождений горючих ископаемых Европейского Северо-Востока СССР // Тр. IX. Геол. конф. Коми АССР. — Сыктывкар, 1981. — С. 36–38.
4. Гаврилов В.П., Руднев А.Н. Условия формирования углеводородов в рифтовых зонах // Сб. науч. трудов "Нефтегазовые ресурсы". — М., 1994. — С. 4–8.
5. Гаврилов В.П., Руднев А.Н., Дворецкий П.И., Пономарев В.А. Перспективы нефтегазоносности Мезенской синеклизы // Геология нефти и газа. — 1998. — № 5. — С. 12–20.
6. Гаврилов В.П., Руднев А.Н., Федоров Д.А. Потенциальные возможности древних толщ европейской части России — основа для создания новой базы углеводородного сырья // Тр. ГАНГ им. И.М. Губкина. — М., 1996. — Вып. 243. — С. 153–166.
7. Гецен В.Г. Рифейский комплекс Тимано-Печорской провинции — возможная нефтепроизводящая толща/Нефтегазоносные комплексы Печорской синеклизы//Тр. Института геологии Коми ФАН СССР. — Сыктывкар, 1981. — Вып. 35. — С. 27–38.
8. Ермолкин В.И., Голованова С.И., Филлин А.С. Аспекты прогноза нефтегазоносности верхнепротерозойских — нижнепалеозойских отложений Московской синеклизы//Геология нефти и газа. — 1993. — № 6. — С. 12–17.
9. Ермолкин В.И., Голованова С.И., Филлин А.С. Перспективы нефтегазоносности древних толщ центральных районов Русской платформы по геологогеофизическим критериям/Тезисы докладов науч.-техн. конф. "Актуальные проблемы состояния и развития нефтегазового комплекса России"//Нефть и газ. — М., 1994. — С. 39.
10. Ермолкин В.И., Бакиров З.А., Сорокова Е.И. и др. Критерии прогноза фазовой зональности углеводородов в осадочных толщах земной коры. — М.: Недра, 1998. — 320 с.
11. Зеккель Я.Д. Геологические исследования в районе Зимнего берега, бассейна Кулоя и низовьев Мезени//Тр. Сев. геол. упр. — М.: Госгеолыздат, 1939. — Вып. 6. — 92 с.
12. Золотов А.Н. Тектоника и нефтегазоносность древних толщ. — М.: Недра, 1982. — 240 с.
13. Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И., Натапов Л.М. Тектоника литосферных плит территории СССР. В 2 кн. — М.: Недра, 1990. Кн. 1. — 328 с. Кн. 2. — 334 с.
14. Келлер Б.М. Тектоническая история и формации верхнего докембрия/Итоги науки и техники. Сер. Общая геология. — М.: ВНИИГИ, 1973, т. 5, 120 с.
15. Корценштейн В.Н. О роли и месте органической геохимии в изучении проблем нефтегазоносности осадочного покрова и сопредельных с ним водонапорных систем/Проблемы происхождения нефти и газа. — М.: Наука, 1994. — С. 31–46.
16. Коц Б.Г., Камышиников А.В., Чернов В.В. Новые данные о глубинном геологическом строении Мезенской синеклизы и западного склона Тиманской гряды//Геология нефти и газа. — 1972. — № 7. — С. 10–14.
17. Люткевич Е.М. Тектоника Севера Русской платформы//Бюл. МОИП. Отд. геол., 1940. — Т. 18, № 5–6. — С. 97–112.
18. Методические указания по количественной оценке прогнозных ресурсов нефти, газа и конденсата. — М.: ВНИИГИ, 1983. — 215 с.
19. Оганесов Ю.Н. Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности севера Русской платформы (между Балтийским щитом и Тиманом)/Геология и нефтегазоносность севера-запада и севера РСФСР. — Л.: Недра, 1971. — С. 99–124.
20. Оффман П.Е. Происхождение Тимана // Тр. ГИН АН СССР. — М., 1961. — Вып. 58. — 137 с.
21. Плякин А.М., Плякина И.Г. Особенности тектонического строения рифейского фундамента Тимана // Геотектоника. — 1972. — № 1. — С. 105–110.
22. Постникова И.В. Верхний докембрий Русской плиты и его нефтегазоносность. — М.: Недра, 1977. — 222 с.
23. Родионов В.П. Палеомагнитные данные о взаимоотношении Сибирской и Русской платформ Урала и Казахстана в позднем докембрии и палеозое / Палеомагнетизм верхнего докембрия СССР. — Л.: ВНИИГИ, 1983. — С. 98–105.
24. Соколов Б.А. О тектонике Мезенской синеклизы//Геотектоника. — 1977. — № 3. — С. 51–55.
25. Сравнительная тектоника Мезенской и Печорской синеклиз/В.А. Алласев, А.К. Запольков, К.О. Кратц, А.Д. Лукашов, П.Н. Сафронов. — Л.: Наука, 1969. — 78 с.
26. Структура платформенного чехла Европейского Севера СССР / В.А. Алласев, В.А. Дедеева. — Л.: Наука, 1982. — 200 с.
27. Ступка О.С. Геодинамическая эволюция и структура земной коры доклада европейской части Советского Союза в докембрии. — Киев: Наукова думка, 1986. — 224 с.
28. Федоров Д.А., Владимирова Т.В., Лобусев А.В., Рочиков Э.А. Газонефтяной потенциал древних толщ центральных районов Русской платформы — результаты, проблемы и перспективы освоения/Обз. инф. Сер. Геология и разведка газовых и газоконденсатных месторождений. — М.: ИРЦ, Газпром, 1994.
29. Фотиади Э.Э. Геологическое строение Русской платформы по данным региональных геофизических исследований и опорного бурения/Тр. ВНИИ геофизики. — Л.: Гостоптехиздат, 1958. — Вып. 1.
30. Хадэлл Д.Г., Брэд К. Дж., Киннингхем Р. Тектоника зон сжатия и прогноз запасов природного газа // Нефть, газ и нефтехимия за рубежом. — 1992. — № 11/12. — С. 31–34.
31. Черная И.П., Черный В.Г., Раабен М.В. Основные вопросы стратиграфии верхнего рифея и венда Тимана / Стратиграфия верхнего протерозоя СССР (рифей и венд). — Л.: Наука, 1979. — С. 102–107.