

СТРОЕНИЕ, ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ МОСКОВСКОЙ СИНЕКЛИЗЫ

Т. И. Шиловская, А. П. Шиловский
(ИПНГ РАН)

Для успешного решения практически любых геологических задач необходимо создание модели, наиболее приближенной к истинному строению исследуемой территории, во всяком случае, в рамках имеющихся объективных данных. С целью решения подобных задач на всех этапах работ требуется анализ совокупности данных промыслово-геофизических, геолого-геофизических, литолого-петрографических и палеонтологических исследований.

Методика, позволяющая исключить ошибки при изучении осадочных толщ, заключается в следующем: корреляцию разрезов скважин, расчлененных на литологические разности, имеющие определенную промыслово-геофизическую характеристику, нужно проводить, приняв за горизонтальную поверхность пласт первично-осадочного происхождения, залегающий в основании изучаемой толщи. Такой пласт служит репером. Обычно репером может служить достаточно мощный пласт глины, аргиллита или пласт глинистого известняка для карбонатных разрезов. Известно, что фаунистические остатки, особенно в терригенном разрезе, встречаются лишь в глинистых разностях. Кроме того, глинистые разности пород, являясь первично осадочными, практически не подвержены катагенетическим изменениям, отчетливо выделяются по комплексу ГИС, характеризуются выдержанной толщиной и распространяются обычно на значительные площади. Стратификация проводится снизу вверх по толщине и стратиграфической последовательности, что позволяет восстановить геологическую историю территории. Таким региональным репером служит мощный (до 200 м) пласт аргиллита редкинской свиты, залегающий на песчаниках верхнего рифея. Переход от высокоомных кварцевых песчаников верхнего рифея к мощной, однородной по составу пачке аргиллитов редкинской свиты четко и однозначно фиксируется на всех кривых ГИС. Используя описанную выше методику, предприняли попытку определить основные особенности строения осадочной толщи Московской синеклизы. С этой целью были проанализированы практически все имеющиеся материалы ГИС и описания керна глубоких скважин, вскрывших протерозойские отложения. Анализ фактического материала показал,

Впервые предложена модель строения разреза протерозойских отложений, отличающаяся от принятых до настоящего времени. Анализ керно- и промыслово-геофизических материалов показал, что современное строение протерозойских отложений является результатом геодинамических процессов с определенной последовательностью изменявших строение первичной осадочной толщи. Именно эти процессы определяют перспективы нефтегазоносности территории.

For the first time the Proterozoic sediments section model distinguished from accepted up to now is proposed. The drill core and logging data analysis exposes that the present-day Proterozoic sediments structure is the result of the periodical geodynamics processes influence which transformed the initial sediments structure. Just these processes determine the oil and gas perspectives of the territory.

что полученная модель строения синеклизы значительно отличается от общепринятой и выявленные принципиальные различия позволяют по-новому оценить перспективы недр Московской синеклизы.

Было установлено, что разрез протерозойских отложений, по материалам глубокого бурения, в пределах синеклизы очень неоднороден, и неоднородность эта является не следствием фациальных изменений, как это принято считать, а результатом главным образом дизъюнктивных нарушений, в

разное время значительно изменявших первичное строение осадочных толщ и предопределивших образование в них ловушек углеводородов (УВ).

Разрез осадочной толщи Московской синеклизы представлен отложениями протерозоя, палеозоя и мезозоя, залегающими на архейском гранито-гнейсовом фундаменте. Толщина осадочного чехла изменяется от 900 до 3000 м и только в трех скважинах (Рязанской, Рослятинской и Павлово-Посадской) по данным бурения она составила около 5000 м.

При существующей практически фрагментарной геолого-геофизической изученности Московской синеклизы принято считать, что мощная толща отложений, относимых к рифею, названная "доплитной", выполняет древние авлакогены, а за их пределами она отсутствует. Существующие представления о строении разреза описаны в монографии [1].

Модель строения разреза Московской синеклизы

Известно, что в протерозойских отложениях фауна встречена лишь в аргиллитах редкинской свиты, в рифейских песчаниках фаунистические остатки отсутствуют и корреляция разрезов возможна только с помощью каротажных диаграмм по составу, толщине и стратиграфической последовательности. Всякое изменение одной из этих составляющих связано либо с фациальной изменчивостью, либо с дизъюнктивными нарушениями. Расчленение и корреляция разрезов глубоких скважин показали, что одна группа скважин вскрыла протерозойские отложения рифея и венда. Рифейские отложения представлены песчаниками. Они характеризуются высокими значениями ρ_k и НГК, выдержанной толщиной (в пределах синеклизы она

изменяется от 200 до 300 м). Аномальное увеличение толщины рифейских песчаников в таких скважинах, как Рудня, Апрельевка, Павлово-Посад, Бобровская, по мнению авторов, связано с удвоением разреза, вскрытого этими скважинами. По имеющимся описаниям керна породы, относимые к рифею, представлены однородной по составу толщей кварцевых средне- и мелкозернистых песчаников с характерной бурой окраской. Отложения венда, толщиной до 700 м и более, представленные переслаиванием аргиллитов и алевролитов, развиты на всей территории Московской синеклизы. В основании вендских образований повсеместно залегает пачка аргиллитов редкинской свиты толщиной около 200 м. Эта пачка является надежным репером при корреляции отложений и надежной покрывкой для залежей в песчаниках рифея. Другая группа скважин вскрыла разрез отложений, где рифейские песчаники отсутствуют, и на гранито-гнейсовом фундаменте залегают отложения венда. И наконец, третья группа (Бологоевская, Молоковская, Северо-Молоковская, Солигаличская, Рослятинская, Павлово-Посадская скважины) вскрыла разрез додевонских отложений аномально большой толщины (около 3000 м). Отложения, вскрытые этими скважинами, традиционно отнесены к рифейским. Считается, что некоррелируемая толща переслаивающихся песчаников, аргиллитов, алевролитов, известняков соответствует отложениям нижнего, среднего и верхнего рифея в континентальной фации и характеризует разрез Пачелмского и Среднерусского протерозойских авлакогенов.

Анализ геолого-геофизического материала 80 скважин, вскрывших архейский фундамент, позволил предложить альтернативную модель строения разреза Московской синеклизы, значительно отличающуюся от принятой ранее. Опубликованные описания керна, результаты собственных наблюдений авторов и короткая характеристика разреза показали, что протерозойские отложения представлены песчаниками рифея, аргиллитами редкинской и алевролитами поворовской и котлинской свит. Все эти стратотипы отличаются выдержанностью состава, промыслово-геофизической характеристики и толщины на всей территории Московской синеклизы. Что касается рифейских отложений, то изучение керна и промыслово-геофизических материалов позволило заключить, что собственно рифеем является монотонная толща песчаников бурых, кварцевых, мелко- и среднезернистых, характеризующаяся высокими значениями кажущегося электрического сопротивления и нейтронной гамма-активности при минимальной естественной гамма-активности. Мощность песчаной толщи колеблется от 200 до 300 м. По-видимому, эта толща, лишенная фаунистических остатков, по положению в разрезе относится к верхнему рифею. В ранне- и среднерифейское время накопления осадков не происходило. В этот период на территории Московской синеклизы был перерыв в осадконакоплении и отмечался размыв отложений, о чем свидетельствует обнаружение коры

выветривания гранито-гнейсов в основании песчаной толщи верхнего рифея либо в подошве аргиллитов вендского возраста в разрезах, где рифейские песчаники отсутствуют. Кора выветривания гранито-гнейсов обнаружена в керне таких скважин, как Невская, Клинец, Рудня, Щелковская, Калужская, Касимовская и др. На космогеологических картах не установлено пространственной приуроченности распределения песчаников рифея, вскрытого скважинами, к системе линеаментов [2]. Мощная (более 3 км) толща, относимая к рифею в разрезах Бологоевской, Молоковской, Северо-Молоковской, Солигаличской, Рослятинской и Павлово-Посадской скважин, по мнению авторов, рифейской не является. В результате корреляции разрезов скважин Бологоевской, Молоковской и Северо-Молоковской площадей было высказано предположение о повторении разреза протерозоя и нижнего палеозоя в результате надвига, происходившего, по-видимому, в раннем палеозое. А в скважинах Солигаличской структуры и в параметрических скважинах Рослятинской и Павлово-Посадской площадей мощная толща аргиллитов, алевролитов, известняков и песчаников, не является, как это принято считать, рифеем. В ней с помощью коротких диаграмм и по описаниям керна можно выделить стратотипы верхнерифейских песчаников: аргиллитов и алевролитов венда, алевролитов и известняков среднего девона. По мнению авторов, эта толща образовалась в результате спиралевидно скручивающих деформаций, сопровождавшихся локальным погружением фундамента на глубину до 5 км и происходивших в раннем палеозое, в силурийское и раннедевонское время.

Представления авторов о впервые обнаруженных на территории Московской синеклизы структурах скручивания или узловых структурах совпадают с положениями, изложенными А. И. Полетаевым [3]. По его мнению, узловые структуры являются специфическими деструктивными центрами. Они могут быть образованы не только разноориентированными, но и разноглубинными нарушениями. По латерали они представляют собой структуры повышенной сложности, а по вертикали (в разрезе) — ослабленные зоны, обладающие аномальной тектонической раздробленностью, повышенной геодинамической подвижностью и интенсивной магмо- или флюидопроницаемостью. Аномальная тектоническая раздробленность узловых структур предопределена интерференцией смещения вдоль узлообразующих линейных нарушений разного кинематического типа, что может приводить практически к единовременному (в масштабе геологического времени) сжатию и растяжению, сколу и даже шарнирному скручиванию объемов земной коры.

Обобщение фактического материала позволило предположить, что платформенный этап развития в пределах Московской синеклизы начался с поздне-рифейского, а не с раннепалеозойского времени. Верхнерифейские отложения представлены осадочной, а не "доплитной" формацией. При этом определяющими в

строении осадочной толщи протерозоя и нижнего палеозоя являются дизъюнктивные нарушения. Они с определенной периодичностью "под воздействием мантийного диапиризма испытывали закономерную смену тектонических напряжений" [4].

Характер и последовательность разгрузки геодинамических напряжений выглядят следующим образом:

1. В постархейское время в пределах Московской синеклизы не существовало, как принято считать, Пачелмского и Среднерусского авлакогенов, выполненных мощной толщей континентальных отложений нижнего, среднего и верхнего рифея. В этот геологический период, по мнению авторов, поверхность архейского фундамента была денудирована, о чем свидетельствует кора выветривания гранито-гнейсов в основании осадочной толщи, обнаруженная в керне ряда скважин. На сглаженной в результате денудации поверхности фундамента залегают нормально-осадочные отложения верхнего рифея либо аргиллиты венда.

2. Интенсивные геодинамические процессы, происходившие в позднем протерозое (вендское время), сопровождались преимущественным растяжением (байкальская тектономагматическая активность). Процессы растяжения активизировали вулканическую активность, о чем свидетельствуют бурая окраска кварцевых песчаников рифея как результат гидротермальных процессов, вулканогенный состав аргиллитов редкинской свиты, а также дайки диабазов, обнаруженные в отложениях котлинской и поворовской свит (скважины Крестецкая, Солигаличская, Северо-Бутовская, Ярцевская, Щелковская, Лежская и др.). Подробно магматические процессы описаны в статье [2]. Байкальская фаза тектономагматической активности сопровождалась образованием системы глубинных разломов субширотного простирания, соответствующей так называемому Пачелмскому авлакогену.

3. Следующий этап тектономагматической активности — каледонский — сопровождался преимущественным сжатием. В осадочной толще при корреляции разрезов скважин было обнаружено удвоение протерозойских и нижнепалеозойских отложений. Следствием дизъюнктивных процессов каледонского этапа тектономагматической активности явилось образование системы субмеридиональных глубинных разломов — Среднерусский авлакоген.

4. Смена векторов напряжения в геологическом времени от преимущественного растяжения (байкальский этап тектономагматической активности) к преимущественному сжатию (каледонский этап), по-видимому, привела к образованию структур скручивания. Процессы скручивания сопровождались локальным погружением фундамента. Глубина погружения, установленная в пределах Московской синеклизы, достигает 5 км. Изометричная в плане территория, захваченная скручивающими дислокациями, достигает в диаметре нескольких десятков километров. По периферии она характеризуется удвоением от-

дельных горизонтов протерозойских отложений, по мере приближения к центру происходит катастрофическое увеличение глубины залегания фундамента. Осадочная толща, захваченная процессами скручивания, увеличивается до 3 км и более. По каротажной характеристике и описаниям керна зоны скручивания отличаются многократным повторением стратотипов протерозоя и нижнего палеозоя. Скручивание сопровождается дроблением пород. Причем, как установлено по керну на Калужской структуре, раздробленными являются гранито-гнейсы архея. Судя по тому, что брекчии гранито-гнейсов и доломитов морсовского горизонта встречаются в калужских глинах среднего девона, деструктивный этап скручивания закончился в среднем девоне.

5. Сейсморазведочные работы проведенные компанией "Геостар" на территории Вологодской области, выявили массивные тела в карбонатной толще ордовика. По форме, размерам и динамическим характеристикам сейсмического отражения эти тела напоминают рифы [5]. Рифообразование было инициировано активизацией магматических процессов по глубинным разломам. По-видимому, пространственную приуроченность к ним массивных проницаемых карбонатных тел можно объяснить существованием фациальных условий, благоприятных для жизни кораллов и образования рифогенных построек.

Анализ фактического материала позволил оценить перспективы нефтегазоносности Московской синеклизы:

1. Тектонические подвижки, сопровождающиеся смещением блоков пород по разломам, предопределили возможность образования тектонически экранированных ловушек в отложениях протерозоя, в которых хорошими коллекторскими свойствами обладают кварцевые песчаники верхнего рифея. При этом ловушки в рифейских песчаниках могут быть обнаружены преимущественно в северо-восточной части территории (из подобной ловушки на Даниловской структуре получены притоки нефти). В центральной и западной частях синеклизы верхнерифейские песчаники отсутствуют, а на юге территории они могут оказаться благоприятными для создания ПХГ.

2. Хорошими коллекторскими свойствами обладают песчаники нижнего кембрия и среднего девона, а также органогенные известняки верхнего ордовика, в которых могут быть обнаружены рифогенные ловушки УВ.

3. Интерес для поиска углеводородов представляют структуры скручивания. В них наблюдается мощная (более 3 км) толща осадочных пород, характеризующихся высокой тектоногенной проницаемостью.

4. Тектоническая активность в протерозойское и раннепалеозойское время предопределяет образование системы глубинных разломов, которые могут стать своеобразными кондукторами связи с "проводящим коровым слоем" — источником минерализованных флюидов, в том числе и углеводородных. В этом случае продуктивными могут оказаться породы с хоро-

шей коллекторской емкостью, залегающие непосредственно на архейском фундаменте.

ЛИТЕРАТУРА

1. Геология и оценка нефтегазоносности Московской синеклизы / В.П. Орлов, В.Б. Мазур, Д.Л. Федоров и др. — М., 1998. — 56 с. — (Обзор. информ. / МПР РФ; Вып. 5).
2. Шиловская Т.И., Шиловский А.П. Перспективы нефтегазоносности протерозойских отложений северо-востока Московской синеклизы // Научно-практическая конф. "Малоизученные нефтегазоносные регионы и комплексы России: Тез. докл. — М.: ВНИГНИ, 2001. — С. 99—100.
3. Полетаев А.И. Узловые структуры земной коры. текто-

ника, геодинамика, магматизм // *Материалы совещания "Тектоника, геодинамика, процессы магматизма и метаморфизма"*. — М., 1999. — Т. 2. — С. 63—64.

4. Чайкин В.Г. Геодинамическая природа внутриплитного магматизма Восточно-Европейской платформы // *Материалы совещания "Тектоника, геодинамика, процессы магматизма и метаморфизма"*. — М., 1999. — Т. 2. — С. 268—269.

5. Шиловская Т.И., Шиловский А.П. Рифогенные постройки в отложениях верхнего ордовика Московской синеклизы // *Литология и нефтегазоносность карбонатных отложений: Материалы Второго Всерос. литолог. симпозиума по ископаемым кораллам и рифам*. — Сыктывкар, 2001. — С. 244—245.

УДК 550.8.072

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОИСКОВОГО ПРОЦЕССА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА МАЛОИНФОРМАТИВНЫХ ПРИЗНАКОВ

Ф. С. Ульмасвай

(ИПНГ РАН и Минобразования России)

Перспективы развития нефтегазовой отрасли в значительной степени определяются величиной неоткрытых запасов УВ и возможностями их обнаружения. Основные нефтегазодобывающие провинции России уже хорошо изучены. Все сколько-нибудь крупные месторождения открыты, пробурены тысячи скважин, исследованы тысячи километров сейсмических профилей, создана производственная инфраструктура — все это обеспечивает конкурентные условия для поиска и освоения малых (по запасам) месторождений. Проблема заключается в том, что обнаружение малых месторождений — дело гораздо более рискованное и требующее больших затрат, чем открытие крупных месторождений. Для снижения риска большое значение имеет именно изученность старых нефтегазоносных провинций. Это позволяет: 1) опираться на обширные базы данных; 2) выбрать в качестве эталонов поисковых объектов желаемые типы месторождений. И, тем не менее, стандартное применение методов и комплексов методов, которые используются при поисках крупных месторождений, уже показало невысокую эффективность, зачастую неприемлемую для многих фирм — потенциальных операторов малых месторождений.

Как известно из опыта прогнозирования, его эффективность прямо зависит от разнообразия независимых, взаимно некоррелированных признаков, положенных в его основу. "Классические", стандартные методики поисков опираются, по существу, на один признак — приуроченность скоплений УВ к положительным структурам. Повысить эффективность прогноза месторождений можно за счет привлечения

Показана возможность эффективного прогнозирования скоплений УВ на основе анализа малоинформативных признаков.

It is shown possibility of efficient forecasting of hydrocarbon accumulation on the base discovered attachment oil and gas deposits to particular local geodynamic areas.

новых признаков — литологических, гидрогеологических, геохимических, геоморфологических и т. д. Собственно, подобные признаки уже давно используются при разнообразных способах прямого

прогнозирования месторождений. Опыт показал, что при прямом прогнозировании крупных месторождений надежность базирующегося на них прогноза оказывается ниже, чем у "классического" способа, нацеленного на прогноз крупных структурных ловушек. Особенностью названных признаков является малая информативность в отношении объекта поисков — скоплений УВ. Каждый из таких признаков связан не только со скоплениями УВ, но и с обширным классом других геологических явлений, не относящимся к скоплениям УВ. При прогнозе малых месторождений влияние структурного фактора снижается и повышается роль других — слабоинформативных признаков. Тем не менее, можно предположить, что в пространстве многих, пусть даже и малоинформативных в отношении скоплений УВ, независимых признаков можно диагностировать область их пересечения, относящуюся именно к скоплениям УВ. С такой предпосылкой можно попытаться построить оптимальную модель перспективного участка, базируясь на комплексе малоинформативных признаков. Это особенно привлекательно, поскольку методы прогнозирования, использующие малоинформативные признаки, имеют относительно низкую стоимость и не требуют развития новых технологий. Риск, который связан с полученным таким образом прогнозом, может быть определен количественно, что дает возможность объективной оценки прогноза, полученного на основе изла-