

ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ДОКЕМБРИЙСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Статья посвящена перспективам нефтегазоносности докембрийских комплексов Волго-Уральского региона. Описываются целенаправленные мероприятия по решению проблемы перспектив нефтегазоносности докембрийских комплексов в пределах Волго-Уральского региона, осуществляющиеся в Татарстане.

Ключевые слова: нефтегазоносность, докембрийские комплексы, изучение глубинных недр.

Целенаправленные мероприятия по решению проблемы перспектив нефтегазоносности докембрийских комплексов в пределах Волго-Уральского региона осуществляются в Татарстане. Разработана Программа изучения глубинных недр, начало реализации которой отвечает концу 70-х годов. В Республике пробурены две сверхглубокие скважины и более 2000 скважин, вскрывших кристаллический фундамент, в том числе около 500 из них на глубину более 20 м (Гатиятуллин, 2008).

На юго-восточной окраине Южно-Татарского свода ранее пробурена Туймазинская скважина 2000 до глубины 4042 м, а в ее центральной части завершено бурение Миннибаевской скважины 20000 до глубины 5099 м. В последние годы в рамках Государственного контракта выполнялись работы по испытанию перспективных объектов по разрезу уникальной сверхглубокой скважины 20009 (забой 5881 м) (Тарасов и др., 2004).

Основной акцент при проведении нефтепроисковых работ по фундаменту был сделан на разбуривание выступов фундамента различной генетической принадлежности (горсты, взбросы, эрозийные положительные структуры и др.) и зон разломов. В результате исследований установлены косвенные признаки нефтеносности фундамента, такие, как слабая битуминозность кристаллических пород и образований коры выветривания, увеличение газопоказаний по мере углубления скважины, как за счет углеводородных газов (метан, этан и др.), так и гелия. Кроме того, обнаружены зоны дробления и переработки пород (интервалы разуплотнения и трещиноватости), которые в кристаллической среде вполне могут служить потенциальными коллекторами.

Вещественный состав конкретной формации (литолого-петрографический фактор контроля) кристаллического фундамента, тип и генезис формаций (метаморфический и магматический факторы), а также их пространственно-временные соотношения пока в практике выбора объектов нефтепоисковых работ по фундаменту должным образом не учитываются, а лишь констатируются по мере изучения вскрываемого разреза докембрийских толщ. Однако накопленный геолого-геофизический материал по геологии фундамента убедительно указывает на то, что геологические предпосылки локализации нефтяных месторождений в осадочном чехле обусловлены гетерогенным строением фундамента.

В составленной коллективом авторов (Н.Гатиятуллин, А.Баратов, Е.Шуликов) в 1998 г. оригинальной модели строения кристаллического фундамента увязаны пространственные, структурно-вещественные и временные таксо-

ны, отражающие строение данного участка фундамента Волго-Уральской антеклизы до широко-масштабной девонской трансгрессии моря. Формационный подход к расчленению «немых» архейско-протерозойских толщ позволил выделить в их объеме конкретные геологические тела (формации), которые были упорядочены в структурно-вещественные комплексы (СВК) докембрийского фундамента.

На основе этих данных в сочетании с интерпретацией карт гравиметрических и магнитных полей была существенно видоизменена геолого-петрографическая карта фундамента А.В. Постникова. На ней, в частности, один из основных структурных элементов I порядка кристаллического фундамента – Южно-Татарский свод – отображен в виде гранито-гнейсового купола субизометрической формы. Он сложен неосомной тоналит-мигматит-гнейсовой формацией (рахмановский комплекс) и субстратными ксеноблоками гранулитов отраденского (энедербиты, двупироксеновые кристаллосланцы) и большечеремшанского (высокоглиноземистые гнейсы и кристаллосланцы) комплексов, включая, вероятно, реститовые образования. Внутреннее строение определяется серией смыкающихся дугообразных и субизометрических тел мигматитов, окаймляющих незатронутые плавлением блоки гранулитового субстрата.

Северо-Татарский свод в отличие от Южно-Татарского выступает в роли антиклинорного выступа, в пределах которого процессы гранитизации гранулитового субстрата (отраденский комплекс) проявились фрагментарно, преимущественно в восточной периферийной части. Структурный план региона с образованием тоналит-мигматит-гнейсовой формации подчиняется размещению куполов, и соответственно возникшая складчатость не обнаруживает какой-либо господствующей ориентировки.

Примыкание Южно-Татарского гранито-гнейсового купола к Северо-Татарскому гранулитовому выступу проходит по узкой линейной зоне смятия северо-восточного простирания. Пространственное положение этой линейной структуры в общих чертах совпадает с Прикамским разломом фундамента Камско-Кинельской системой прогибов плитного чехла и серией аномалий магнитного поля, которые вероятно, отражают характерный приразломный комплекс пород – гипербазиты или амфиболиты.

Мозаично-блоковое строение фундамента, сформированное позднеархейскими СВК, было частично затушевано раннепротерозойской гранитоидной формацией (позднебакалинский комплекс). Интрузивные тела гранитов нормального и субщелочного рядов проявились в восточной части региона, образовав компактный ареал – полосу размером 240×130 км.

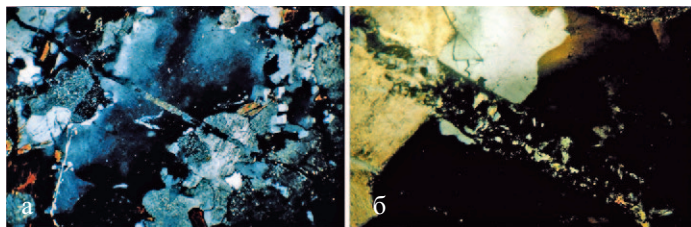


Рис. 1. Микротрещина: а – в биотитовом гнейсе, залеченная кварцем и кальцитом (обр.218). Ув. 100. Ник. X; б – в лейкосоме мигматита (обр. 495). Ув. 50. Ник. X.

Предложенная модель геологического строения фундамента может быть использована в роли фактора регионального значения для прогноза нефтеносности в пределах Татарстана. Земная кора на участке Южно-Татарского купола характеризуется широким спектром проявления метаморфических и магматических докембрийских формаций. Пестрый ряд отмеченных формаций региона дополняется габбро-анортозитами туймазинского и гипербазиитами чубовского комплексов. В осадочном чехле над данным участком фундамента локализовано крупнейшее Ромашкинское месторождение нефти.

Северо-Татарский свод, как было отмечено ранее, представляет собой антиклинорный выступ архейского гранулитового субстрата (эндербиты, двупироксеновые и амфиболовые кристаллические сланцы отрадненского комплекса). Более поздние формации, ведущие к образованию гранито-гнейсовых куполов, здесь практически не проявились. Осадочный чехол над этим куполом практически “стерилен” в отношении нефтегазоносности, несмотря на то, что и в нем присутствуют нефтегазоматеринские толщи и структурные ловушки, а сами осадочные породы обладают всеми необходимыми свойствами для аккумуляции УВ. Поэтому наряду с традиционными методами поисков нефтяных залежей необходимо использовать нестандартные, такие как формационный анализ петрографо-геохимических материалов глубокого бурения по фундаменту в сочетании с интерпретацией распределения геофизических полей. Необходимо выявить взаимосвязь нефтеносности осадочного чехла и строения фундамента и установить реальные локальные факторы контроля, которыми могут являться сравнительно небольшие по размерам гранито-гнейсовые купола, массивы гомогенных гранитов и тела гипербазитов.

Эти задачи сведены в программу, основные направления которой следующие:

1. Целенаправленное разбуривание докембрийского основания сверхглубокими скважинами (до глубины 5 – 7 км).
2. Углубление в толщу кристаллического фундамента на первые сотни метров отдельных поисковых и разведочных скважин, бурящихся на продуктивные горизонты девона.
3. Вскрытие древних локальных эрозионных выступов архейско-протерозойских толщ. Вскрытие пород фундамента на 50 м разведочными и некоторыми эксплуатационными скважинами.

Согласно упомянутой выше Программе наряду с практическими и научно-исследовательскими работами по фундаменту проводилось специальное комплексное изучение рифейско-вендских отложений. К настоящему времени известно множество нефтегазобитумопроявлений в венде и рифее Волго-Уральского НГБ, а в ряде глубоких скважин получены промышленные и непромышленные

притоки нефти (среди них, №1018-Ефремовская, № 608-Тыловайская, № 1060-Шарканская в Удмуртии; № 1-Сивинская, № 52-Соколовская в Пермской области; № 640-Ольховская в Оренбургской области).

Исследования нетрадиционных объектов в толщах осадочного и кристаллического докембрия осуществляются в Татарстане на основе альтернативных концепций биогенного и глубинного абиогенного генезиса нефти.

Согласно биогенной концепции происходило поступление углеводородов из окружающих Татарский свод глубоких впадин в покрывающие его осадочные породы по разломам и трещинам фундамента, находящегося на своде гипсометрически выше очага нефтеобразования.

По представлениям глубинного происхождения и ведущей роли разломов считается, что наряду с нефтяными месторождениями осадочного чехла в зонах, примыкающих к разломам при наличии коллекторов и покрывок в толще фундамента могут образовываться залежи нефти и газа. В этой связи оценка возможности миграции и локализации жидких углеводородов в кристаллическом фундаменте Татарского свода приобретает немаловажное значение.

Татарский свод представляет собой крупный мегаблок литосферы (границей гнейсовое ядро), ограниченный подвижными зонами (грабенообразные прогибы), к которым приурочен дометаморфический базитовый магматизм. В архей-протерозойское время породные комплексы подверглись региональному метаморфизму гранулитовой фации и на регрессивном этапе – амфиболитовой фации. Наличие крупных месторождений нефти в осадочном чехле позволяет многим исследователям прогнозировать обнаружение проявлений нефти и в гранулитогнейсах кристаллического фундамента. Проникновение жидких углеводородов в тело фундамента и их локализацию следует связывать, очевидно, с участками нарушения сплошности пород, где возможно формирование их проницаемых и коллекторских свойств.

В основе оценки проницаемости пород для углеводородсодержащих флюидов лежат следующие положения. По А.В. Постникову (Постников, 2002) в породах кристаллического фундамента можно выделить два типа пустот – трещины и поры. В первом случае формируются разрывы сплошности пород любого масштаба, а во втором – только микротрещиноватость. В результате гидротермальной и гипергенной проработки кристаллических пород в них протекают процессы выноса компонентов, что может привести к разуплотнению пород и формированию пустотного пространства. Исследованные породы практически по всему разрезу скважины 20009 подвержены вторичным изменениям различного характера, которые большей частью связаны с проявлением регионального метаморфизма в архей-протерозойское время. В породах кристаллического фундамента, испытавших регионально метаморфические преобразования, первичная пористость осадочных пород не сохраняется. Пористость пород кристаллического фундамента, определенная методом ядерного магнитного резонанса (ЯМР), варьирует в чрезвычайно низких пределах от 0,04 до 0,46% и свидетельствует об их практически полной непроницаемости для флюидного вещества в интервалах благоприятных для существования углеводородов (до 200°C).

Главным фактором трещиноватости пород является дизъюнктивная тектоника, проявлявшаяся в различные

этапы формирования кристаллического фундамента. Вследствие этого в разрезе скважины можно выделить участки, характеризующиеся высокотемпературной гидротермально-метасоматической деятельностью: проникновением по зонам разломов магматических расплавов с образованием жильных тел и развитием относительно низкотемпературных гидротермальных процессов.

1. В интервале 4022,0 – 4024,5 м скв 20009 Ново-Елховской вскрыты специфические железисто-силикатные породы. Под микроскопом видны крупные массы милонитизированного кварца, обтекающие удлиненные агрегаты гипидиоморфных и аллотриоморфных таблитчатых зерен гиперстена и диопсида, иногда сцементированных крупными ксеноморфными выделениями магнетита. Часть зерен пироксенов полностью замещена хлоритом. Можно предположить, что данный интервал представляет собой зону древнего разлома, залеченного в результате гидротермально-метасоматической деятельности (Рис. 1).

2. Тела жильных магматических пород имеют, как правило, небольшую мощность и характеризуются локальностью проявления. В интервале бурения 4153,0 – 4155,0 м скв 20009 Ново-Елховская вскрыта диабазовая дайка. Дайка, интенсивно рассеченная многочисленными трещинами, одна часть которых залечена розовато-белым кальцитом, другая – раскрыта, не залечена. Раскрытость трещин от долей до нескольких миллиметров, направлены они под углом 40–45° к горизонту. Помимо кальцита в трещинах развиты примазки эпидота и мелкие скопления сульфида железа. В интервале 4613,0 – 4662,0 м высокоглиноземистая толща также прорвана магматическими породами. Бурением вскрыто ультрабазитовое тело с четкой верхней и постепенной нижней границей. Контакт с вмещающими породами имеет тектоническую природу – он достаточно резкий и характеризуется дроблением вмещающих пород. Внедрение расплава происходило по зонам разломов. По этой причине проявления жильных магматических образований можно рассматривать как индикатор дизъюнктивных нарушений. Проникновение расплавов и магматогенных флюидов сопровождается существенным изменением вмещающих пород в виде их физического разрушения (дробления) и гидротермально-метасоматической пароработки. В зоне контакта породы раздроблены и подвержены метасоматическим изменениям. В совокупности процессы дробления пород и метасоматоза могут привести к разуплотнению исходных пород и к образованию в обрамлении жильных тел пустотного пространства, которое может служить зоной проникновения углеводородсодержащих флюидов. Состав образующихся в этих зонах низкотемпературных минералов свидетельствует об интервалах (до 200–250°C), благоприятных для устойчивости углеводородов.

3. Трещиноватость пород заметно увеличивается в нижних горизонтах, где преимущественное развитие имеют толщи высокоглиноземистых пород. Ниже глубины 5300 метров породы участками раздроблены до размерности щебенки. В породах сильнее проявлены катакластические и бластомилонитовые структуры. Очевидно, повышенная трещиноватость пород в нижних интервалах бурения обусловлена приближением к зоне Алтунино-Шунакского разлома, разделяющего Альметьевский и Ново-Елховский блок. В зоне трещиноватости породы часто изменены наложенными низкотемпературными процессами, которые обладали преимущественно восстановительными свойствами

и характеризовались повышенной ролью серы, что фиксируется по появлению кристалликов вторичного пирита.

Положение наблюдаемых трещин меняется от субвертикальных до субгоризонтальных. Наличие зеркал скольжения, выполненных эпидот-хлоритовым материалом, преимущественно в субвертикальных и наклонных трещинах указывает на преобладание вертикального вектора смещений, что может быть обусловлено процессом поднятия Южно-Татарского свода.

В структурном плане Абдрахмановская площадь является одной из центральных на Ромашкинской мегаструктуре и характеризуется наиболее высокими отметками кровли КФ. Исследования СЛБО были выполнены на 4 участках площади (22% всей площади) в 1994–1997 гг. На всех выполненных участках зоны уплотнения и разуплотнения имеют между собой связь по вертикали. Число объектов-коллекторов по разрезу КФ в скважинах увеличивается с увеличением глубины вскрытия. Мощность объектов – до 9,8 м. Таким образом, по литологии в пределах площади выделяются разуплотненные участки, которые могут являться зонами миграции или вмещением нефти.

Для скважины № 179 (Приказанская), пробуренной на западном склоне СТС, в пределах Ветровского грабенообразного прогиба, установлено ещё большее погружение КФ и терригенного девона по сравнению со скв. 80, установившей этот прогиб, а также увеличение мощности терригенного девона (80 м против 60 м в скв. 80). Таким образом, осевая часть прогиба смещена к западу от скв. 179. Амплитуда прогиба по восточному борту (поверхность КФ) относительно скв. 180 составляет 220 м. От скв. 179 к северо-западу и юго-западу происходит резкое сокращение мощности терригенного девона до полного выпадения в скв. 9. По керну КФ – интенсивная трещиноватость (представлены сильно метаморфизированные породы в условиях амфиболитовой фации).

В пределах Мелекесской впадины параметрическими скважинами 33, 34, 1001 вскрыта толща Степноозерского амфиболито-гнейсового комплекса отрадненской серии. Породы в разрезе скважины представлены в основном биотит-, амфибол-, пироксенсодержащими гнейсами, плагиогнейсами и редко кристаллосланцами. Толща гнейсов и плагиогнейсов неоднородна по петрографическому составу. Вероятно, она была сформирована различными по своей первично природе породами отрадненской серии, которые в архее испытали метаморфизм гранулитовой фации и подверглись в раннем протерозое ультраметаморфной проработке, приведшей к гранитизации исходных пород. Их современный облик сформировался в результате последующего диафореза в условиях амфиболитовой фации. Находки реликтовых зерен пироксена в кристаллах амфибола и биотита и реликтовые фанеритовые структуры указывают, что исходными породами послужили первично вулканогенные и осадочно-вулканогенные образования отрадненской серии, составляющие древнее базитовое основание. Практически по всему вскрытому разрезу породы разбиты редкой сетью трещин, залеченных окисным материалом красного цвета и черным хлоритсодержащим глинистым веществом, что указывает на протекание гидротермальных процессов.

Скв. 635, Привятская, пробурена в межкупольной зоне, тем не менее получена нефть. Обращает на себя внимание пространственное положение нефтенасыщенного ин-

тервала, подошва которого всего лишь в двух метрах от кровли КФ. Забой 1703 м; кровля КФ – 1677,6 м (гранитоиды – гранито-гнейсы), выше по разрезу – аргиллиты и песчано-алевролитовые породы кыновского горизонта. Испытан интервал 1673,8 – 1675 м, получен приток нефти дебитом более 30 м³/с с уровня 800 м.

Скв. 279, Первомайская, пробурена в северной части контура Первомайского месторождения. Под осадочным чехлом скважина вскрыла интенсивно трещиноватый разрез КФ (1738 – 2156 м) гранитоидов, амфиболитов; толщина отдельных трещин составляет более 1 мм, часть из них залечена хлоритовой массой. Трещины субпараллельны оси керна, с многочисленными зеркалами скольжения. При испытании (КИИ-95) второго объекта (паркер на гл. 2010 м с опорой на забой 2076 м. получен фильтрат более 18 м³/с) удельного веса 1,06 г/см³. Содержание метана 90 – 98 %, этана 1,8 %, пропана 0,1 % отн. В процессе бурения по КФ постоянно фиксировались повышенные газопоказания в промывочной жидкости.

На основании петрологического исследования скв. 20009, параметрических скв. 33, 34, 1001, а также скважин, вскрывших кристаллический фундамент в пределах Южно-Татарского свода и его обрамления можно констатировать следующее. Масштабы гипергенного воздействия на породы крайне невелики. В купольной части Южно-Татарского свода глубина выветривания не превышает 1 метра, а в пределах Мелекесской депрессии 2 – 2,5 метров, что не позволяет рассматривать измененные породы в качестве потенциальных коллекторов углеводородного сырья. Основное внимание следует уделять зонам трещиноватости в теле фундамента, рассматривая их как пути миграции различных растворов.

В исследованных породах наблюдается две основные разновидности трещин. Первая сеть трещин имеет микро-размерность (0,01 – 0,1 мм) и рассекает породу на ограниченных участках, как правило, без смещения отдельных ее участков относительно друг друга. Микротрещины залечены кварцем, кальцитом, иногда пиритом, что способствовало сохранению монолитности исходных пород. Их образование, по всей видимости, происходило еще на метаморфогенной стадии формирования пород. Вторая сеть трещин нарушает сплошность пород. Наличие в них хлорита, эпидота и других вторичных минералов указывает на то, что их раскрытие сопровождалось проникновением гидротерм и низкотемпературным минералообразованием. В зонах интенсивной трещиноватости исходные породы в значительной мере пелитизированы, серицитизированы и хлоритизированы. Образование трещин данного типа связано с постметаморфическим этапом развития кристаллического фундамента и возможно продолжается до сих пор, на что указывают проявления сейсмоактивности в районе заложения скважины 20009.

На формирование проницаемых и коллекторских свойств пород микротрещины первого типа практически не влияют. Открытые трещины в кристаллических породах фундамента, очевидно, являются практически единственным каналом, по которому возможна миграция газовой фазы в теле кристаллического фундамента в постметаморфический этап его развития. Таким образом, одной из важнейших задач при решении проблемы глубокой нефти является, прежде всего, выявление и просле-

живание путей миграции углеводородсодержащих флюидов по структурно-текстурным и минералогическим признакам. Как показывают проведенные исследования, состав рудных минералов указывает на преобладание процессов, характеризующихся высоким окислительным потенциалом и температурой растворов. Наиболее благоприятные условия фиксируются в зоне трещиноватости, связанной с Алтунино-Шунакским разломом. В этой зоне в высокоглиноземистых гнейсах присутствуют сульфиды железа в различных формах – пирит и пирротин. Часто встречается новообразованный тонкодисперсный магнетит. Низкотемпературные процессы нарушают равновесность условий в породах и приводят к разложению исходных высокотемпературных железо-магнезиальных силикатов в результате их хлоритизации и удалению из их структуры избытка железа. Образование при этом низкотемпературного магнетита указывает на повышенную роль кислорода. В то же время состав вторичных минералов свидетельствует о проработке пород низкотемпературными флюидами слабовосстановительного свойства. Подобные свойства характеризуют углеводородсодержащие растворы. Следует также отметить, что в зоне трещиноватости ниже глубины 5300 м среди измененных обломком высокоглиноземистых пород отмечаются многочисленные выделения графита. Графитовое вещество, встречающееся в зонах трещиноватости, характеризуется высокой степенью температурного преобразования и, по всей видимости, имеет метаморфическое происхождение. Очевидно, его присутствие среди измененных обломков пород следует связывать с обособлением в результате дробления метапелитов, а не привнесом органического вещества нефтяного ряда в составе гидротерм с последующим преобразованием его до состояния графита.

Специальные исследования вещества открытых трещин по разрезу скважины 20009 не выявили сигналов органических радикалов, что не позволяет говорить о миграции в зонах трещиноватости растворов, содержащих органические вещества нефтяного ряда или их фрагменты. Однако в районе заложения параметрической скважины 20009 и ближайших окрестностях происходил обмен веществом между осадочным чехлом и кристаллическим фундаментом, носивший преимущественно гидротермальный характер, что не исключает возможности проникновения растворов, содержащих углеводородные фракции.

Литература

Гатиятуллин Н.С., Баранов В.В., Кавеев И.Х., Этапность изучения кристаллического фундамента и основные критерии поиска углеводородов. *Георесурсы*. 3(26). 2008. 27-29.

Тарасов Е.А., Аманьев В.В., Екимцов С.А., Либерман В.Б. Банк данных «Докембрий» – составная часть татаргеобанка и его логическое продолжение. *Георесурсы*. 1(15) 2004. 18-19.

Постников А.В. Фундамент восточной части Восточно-Европейской платформы и его влияние на строение и нефтегазоносность осадочного чехла. *Автореф. дис. д.г.-м.н.* 2002. 52.

N.S. Gatiyatullin. Perspectives of the Pre-Cambrian deposits oil and gas content.

The paper is dedicated to the perspectives of the Pre-Cambrian deposits oil and gas content of Volga-Ural region. Purposeful actions on solving the problem of perspectives of the Pre-Cambrian deposits oil and gas content, that are realized in Tatarstan, are described.

Key words: oil and gas content, Pre-Cambrian deposits, geological research of the Earth interior.