

Р.С. Хисамов¹, Н.С. Гатиятуллин¹, Е.А. Тарасов¹, А.Р. Баратов¹,
В.В. Ананьев¹, В.И. Горбачев²

¹ОАО «Татнефть», Казань, Альметьевск, e-mail: tgru@tatneft.ru

²ФГУП НИЦ «Недра», Ярославль

РЕЗУЛЬТАТЫ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО БУРЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН В 2002 – 2003 гг.

1. Обоснование, методика и комплекс выполненных работ

В 2003 г. на лицензионных землях нераспределенного фонда Республики Татарстан, в рамках реализации федеральной программы «Экология и природные ресурсы России 2002 – 2010 гг.» завершены бурением 4 параметрические скважины глубиной от 2200 до 2500 м (Рис. 1). Бурение проведено в западном регионе РТ, где промышленно значимые объекты углеводородного сырья не установлены. Цель работ – изучение разреза палеозойского осадочного чехла, докембрийского кристаллического основания и оценка перспектив нефтегазоносности Северо-Татарского свода (СТС) и Мелекесской впадины, входящих в состав Волго-Уральской нефтегазоносной провинции.

Необходимость параметрического бурения в регионе определялась возникшим дисбалансом между значительным объемом выполненных в последние годы региональных геолого-геофизических работ в Западном Татарстане и отсутствием достоверной информации о параметрах осадочного чехла и кристаллического фундамента. Не менее актуальной являлась задача уточнения количественной оценки прогнозных ресурсов углеводородного сырья в пределах лицензионных участков, находящихся в нераспределенном фонде недр РТ. Строительство и геолого-техническое обслуживание скважин осуществляло ТГРУ ОАО «Татнефть» совместно с ООО «Татнефть-Бурение».

Скважины достигли проектной глубины, вскрыв архей-протерозойский кристаллический фундамент Северо-Татарского свода на 870 м (скв. 20010) и Мелекесской впадины на 85 м (скв. 1001), 308 м (скв. 34) и 438 м (скв. 33).

Скв. 20010 Кукморская пробурена (гл. 2500 м) в центральной части Северо-Татарского свода, в пределах одноименного поднятия с максимальной амплитудой 25 м по кровле ассельского яруса, в точке пересечения региональных сейсмических профилей 069605 и 069607. Пространственные границы объекта – Кукморский район, в 2,5 км юго-западнее р.ц. Кукмор, с географическими координатами 56°10' с.ш., 50°57' в.д. и высотой ротора (A_p) 38,67 м.

Научное обоснование заложения скв. 20010 было дано ТатНИПИнефть в 1979 г., в исполнение программы изучения глубинных недр – «Комплексный проект геолого-геофизических и поисково-разведочных работ на нефть и битумы по Татарской АССР на 1981 – 1985 гг.» (Муслимов и др., 1980). В проекте предусматривалось параметрическое бурение в пределах Северо-Татарского свода, с вскрытием и углублением, не менее, чем на 800 м, в кристаллические породы сводовой части Кукморского эрозионно-тектонического выступа фундамента. Цель – поиски разуплотненных

зон фундамента, которые могут представлять из себя ловушки нефти в результате миграции из нефтеносных терригенных горизонтов девона. По разным причинам полная реализация проекта, в частности, строительство скв. 20010, не была осуществлена в намеченные годы.

Параметрическое бурение в пределах Мелекесской впадины выполнено на восточном борту (скв. 1001), в осевой части Усть-Черемшанского внутриформационного прогиба (скв. 33) и в его западной бортовой части (скв. 34). Такое расположение скважин имеет важное значение для уточнения границы нефтеносности юго-западного Татарстана.

Геолого-геофизическим обоснованием заложения **скв. 1001 Трудолбовская** (гл. 2200 м) явились структурные построения по кровле ассельского яруса и результаты сейсморазведки по площадным и региональному профилям. По этим данным фиксируется локальная купольная структура меридионального простирания 4х2,3 км, с максимальной амплитудой 22 м по кровле отражающего горизонта «У». Пространственные границы объекта – Нурлатский район РТ, в 1,7 км западнее н.п. Трудолбово; северо-восточный борт Мелекесской впадины, вблизи регионального сейсмопрофиля 039902; 54°45' с.ш., 50°32' в.д.; $A_p = 171,02$ м.

Параметрическая скв. 33 Алькеевская (гл. 2500 м) пройдена в пределах восточного борта Мелекесской впадины, в осевой части Усть-Черемшанского прогиба. По результатам региональных сейсмических работ, в комплексе с высокоточной гравиразведкой здесь выделен, как наиболее оптимальный для заложения скважины, Алькеевский объект, расположенный на региональном сейсмическом профиле 03860, в 1,9 км западнее н.п. Ср. Алькеево; 54°49' с.ш., 49°58' в.д.; $A_p = 167,6$ м.



Рис. Местоположение параметрических скважин, пробуренных в 2002-2003 гг. на территории Татарстана, в пределах тектонических элементов I порядка.

По изученным структурным планам тульского горизонта C_7 , верейского горизонта C_2 и поверхности ассельского яруса P_1 , амплитуда Алькеевского поднятия составляет 11 м.

Скв. 34 Кузнечихинская (гл. 2500) пробурена в пределах западной прибортовой части Усть-Черемшанского прогиба в зоне сочленения западного борта и центральной части Мелекесской впадины, в Алькеевском районе РТ, в 4 км юго-западнее с. Кузнечиха; $54^{\circ}40'$ с.ш. и $49^{\circ}43'$ в.д.; $A_p = 174,96$ м. Кузнечихинский объект расположен на региональном сейсмопрофиле 039903. По изученным структурным планам тульского горизонта C_1 , верейского горизонта C_2 и поверхности ассельского яруса P_1 объект расположен в пределах крупного Большеполянского поднятия.

В подготовке обосновывающих геолого-геофизических материалов на проведение параметрического бурения на территории РТ участвовали специалисты ТГРУ, ВНИГНИ, Департамента геологии и использования недр МЭПР РТ. Весь пакет проектно-сметной документации (геологические проекты, рабочие индивидуальные проекты, сметные расчеты) прошел экспертизу в ГУП «Геолэкспертиза» (г. Москва) и утвержден ГУПР РФ по РТ. Кураторство по проводке скважин осуществляло ФГУП НПЦ «Недра» (г. Ярославль).

Строительство скважин было начато в IV квартале 2002 г. и завершено в 2003 г., достигнув наибольшей скорости бурения по скв. 1001 – 458 м/ст.мес. Продолжительность бурения, включая спуско-подъемные операции, в балансе времени проводки скважин составила 58 – 70 %. На ликвидацию геологических осложнений в скважинах было затрачено менее 1% времени от продолжительности проходки.

В процессе бурения произведен отбор керн, шлама, выполнено около 20 методов геофизических исследований, в том числе высокоточная геотермия. Методом сейсмической локации бокового обзора (СЛБО) изучено распределение открытой трещиноватости в околоскважинном пространстве. Бурение сопровождалось ВСП и НВСП, испытанием скважин в открытом стволе и завершилось испытанием объектов в эксплуатационной колонне.

При исследовании скважин применялись передовые технологии по отбору керн и высокоточным геофизическим измерениям. ЗАО «НИИКБ бурового инструмента» обеспечило отбор керн увеличенного диаметра устройством «Кембрий». Скважинные замеры температуры позволили детализировать и уточнить интервалы испытания в обсаженном стволе скважины. На достаточно однородном геотермическом фоне разреза выявлены аномалии. Они классифицированы как зоны коллекторов. Результаты геотермических исследований зафиксировали в кристаллическом фундаменте процессы конвективного теплопереноса, приуроченные к разуплотненным участкам метаморфизованных пород докембрия.

Отбор керн осуществлялся в интервалах, определенных геологическим заданием и проектом. Суммарная проходка с отбором керн составила не менее 20 % длины от общей глубины скважины, при линейном выходе 62 – 80 %. Отбор керн производился снарядами «Недра» и «Кембрий». Интервалы отбора керн корректировались в зависимости от вскрываемого разреза, с целью обязательного отбора керн на границах стратиграфических подразделений. Отбор шлама проводился через 2 – 5 м проходки. Отбор керн снарядом «Кембрий» обеспечил наиболее качественный отбор образцов из рыхлых, трещиноватых и сыпучих пород, а также из интервалов терригенно-карбонатных отло-

жений $C_2 - C_1$, обладающих высокими коллекторскими свойствами. Геологической службой ТГРУ выполнены документация и маркировка керн, фотодокументация керн в ящиках и отбор образцов на лабораторные исследования.

Каротаж скважин проводился в полном объеме. Техническая оценка качества первичных материалов включала контроль за положением стандарт-сигналов, проверку стабильности работы аппаратуры, совпадение в пределах допустимых погрешностей при повторных измерениях. Проводилась комплексная интерпретация с целью определения пригодности полученных данных для дальнейшей количественной оценки параметров разреза.

В процессе бурения проведены испытания скважин с помощью испытателей пластов на бурильных трубах. Работы по опробованию пластов осуществлялись сразу после их вскрытия и проведения привязочного комплекса промыслово-геофизических исследований с обязательным проведением кавернометрии. Место установки пакера выбиралось с учетом литологического состава пород, диаметра и состояния ствола скважины. По данным геолого-технологических наблюдений в процессе проводки скважин, интерпретации ГИС, результатов испытаний КИИ-146 во вскрытых разрезах были выявлены горизонты слабонефтенасыщенных и битуминозных пород. В скважины были спущены эксплуатационные колонны, и в них проведены испытания объектов. По завершению испытаний, проведения ВСП и НВСП скважины ликвидированы по категории 1а.

В каждой из скважин проведено опробование 4 объектов, в т.ч. в фундаменте. Этот ответственный и трудоемкий процесс включал комплекс разнообразных методов по вызову и интенсификации притоков пластовых флюидов. В ходе испытаний промышленно-нефтеносные пласты не выявлены. По отдельным опробованным объектам получены только притоки пластовых рассолов, преимущественно хлоридно-натриевого состава.

По скоростной характеристике разрез **СТС (скв. 20010)** делится на несколько пластов разной мощности, скорость продольной волны в которых изменяется от 2400 м/с до 6180 м/с. Пониженными значениями $V_{пл}$ выделяются терригенные отложения девона (3680), отложения визейского яруса (2770), верейского горизонта (3000) и верхней перми (2400 м/с). Карбонатные отложения осадочного чехла и породы фундамента характеризуются более широким диапазоном изменения скоростей (3480 – 6180 м/с).

Пластовая скорость в фундаменте **Мелекесской впадины (скв. 33, 34 и 1001)** составляет 6580 м/с. Терригенный комплекс девона на вертикальном годографе выделяется одним пластом, с $V_{пл}$ 3670 – 3700 м/с. Нижняя карбонатная толща $D_3 - C_1$ характеризуется $V_{пл}$ 3420–3700 м/с. Средняя карбонатная толща визейского и башкирского ярусов представлена 2 пластами – 6000 и 6300 м/с. Повышенными значениями $V_{пл}$ выделяются отложения C_3 4660 – 4820 м/с. Терригенные отложения P_2 , неогена и четвертичной системы характеризуются $V_{пл}$ 1800 – 2100 м/с.

Собранный в результате бурения уникальный каменный материал проанализирован во ВНИГНИ (г. Москва), НПЦ «Недра» (г. Ярославль), ЦНИИгеолнеруд (г. Казань), Казанском университете и ТГРУ ОАО «Татнефть». По всем видам исследований сформированы представительные выборки анализов, которые в совокупности с установленными геофизическими параметрами разреза позволили дать расширенную вещественную характеристику

(литолого-стратиграфическую, петрофизическую, геохимическую и др.) толщ осадочного чехла и фундамента. Выделены нефтематеринские породы с различным нефтегенерационным потенциалом, определены коллекторские свойства пород, литогеохимический тип осадконакопления и формационная принадлежность метаморфических пород.

2. Обобщение материалов параметрического бурения. Кристаллический фундамент

По данным параметрического бурения фундамент Северо-Татарского свода и Мелекесской впадины сложен различными формационными типами метаморфитов. В метаморфических толщах этих тектонических единиц отсутствуют первичные поверхности напластования и только спорадически сохранились реликты исходных пород. Эти факторы сильно осложняют реконструкцию первичного состава толщ, делают практически невозможным прослеживание маркирующих горизонтов и детальные стратиграфические сопоставления. К тому же, как указывает Н.Л. Добрецов ("Метаморфические...", 1981), явно стратиграфические докембрийские подразделения в той или иной мере насыщены неосомным материалом – мигматитами, анатектическими гранитами, т.е. по сути своей являются также мигматитовыми формациями.

При формационном подходе к расчленению толщ выделялись конкретные геологические тела, сложенные метаморфическими породами, связанные между собой на породном парагенетическом, минеральном и др. уровнях. Аналитические исследования кернa были направлены на установление набора главных и второстепенных метаморфических пород, слагающих конкретные интервалы (тела) вскрытой толщи и являющимся одним из основных признаков метаморфической формации.

В скв. 20010 Кукморской из 870 м вскрытого фундамента 211 м (24,25 %) пройдено с отбором кернa, через примерно равные промежутки (60 – 100 м) бескернового бурения. Таким образом, толща фундамента СТС в данном сечении оказалась равномерно охарактеризована 20 – 30 м интервалами кернa до глубины 2500 м, что позволяет вполне корректно определить петрохимические признаки и формационную принадлежность вскрытых метаморфитов.

Химический состав метаморфических пород охарактеризован 99 силикатными анализами. Выборка анализов по статистическому минимуму 47– 48 % SiO_2 распадается на базитовую и гранитоидную породные группы. Внутри гранитоидной группы статистические минимумы 55 – 56 % и 64 – 65 % SiO_2 соответственно обособливают диориты, кварцевые диориты и тоналит-граниты. Такое распределение составов пород по керну фиксируется интервалами тонко-грубополосчатых мигматитов, (гнейсодиориты, кварцевые гнейсодиориты), тeneвых мигматитов (гнейсотоналиты, гнейсограниты) и скиалитами базитового состава – амфиболитами, двупироксеновыми кристаллосланцами и меланократовыми гнейсами. Меланосома тонко-грубополосчатых мигматитов (75% и более объема пород) по химическому составу соответствует диоритам, в участках насыщения жильным, каплевидным и (или) межгранулярным лейкосомным гранитным материалом-кварцевым диоритам. Лейкосома представлена плагиогранитами, реже микроклиновыми гранитами нормального и субщелочного рядов.

В тeneвых мигматитах резко преобладает гранитоидный метатект (до 70 %), в котором в виде линз и скиалитов по-

гружены амфиболиты, двупироксеновые кристаллические сланцы, меланократовые гнейсы и отмеченные тонко-грубополосчатые мигматиты. Выделяются небулитовые разновидности мигматитов, в которых гранитный метатект пропитывает субстратный материал, и последний фиксируется в виде равномерно рассеянных реститокристов или их сростков, а также шпировые мигматиты, еще сохранившие тeneвые скиалиты. Вскрытые метаморфиты образуют упорядоченный ряд пород пониженной натриевой щелочности, со средневзвешенным гнейсотоналитовым составом, внутри которого эволюционные изменения содержания ведущих петрогенных окислов происходят плавно от базитов до плагиогранитов. Парагенетическая связь пород обнаруживается и по петрографическим признакам. Для них характерен реликтовый двупироксеновый минеральный парагенезис, до достаточно лейкократовых разностей тоналитов, что позволяет последние диагностировать как эндербиты.

Такие породы в фундаменте Волго-Уральской антеклизы выделяют в составе отградненской серии двупироксеновых кристаллических сланцев и гнейсов архей-протерозойского возраста. Формационный тип пород – нестратифицированная эндербитовая формация гранулитовой фации метаморфизма, первичный состав которой фрагментарно или полностью затушеван диафорическими процессами (хлоритизация, карбонатизация, эпидотизация и др.). По K/Rb -330-570 и Ba/Rb -17-40 породы формации близки ультраметаморфогенным гранитоидам Алдана, и по этим параметрам, а также концентрациям Ba , Sr , Cr и ряду других элементов значительно отличаются от мигматитов фундамента Мелекесской впадины.

Проведенные испытания пород кристаллического фундамента на приток в скв. 20010 показали, что ни в одном из испытанных интервалов не было получено истинно пластовой воды (приток пластовой воды в общем объеме добытой жидкости составил для трех интервалов 2,4; 9,9; 51,6 %). Наиболее приближенной к составу пластовой воды явилась жидкость, отобранная из интервалов 1634 – 1676; 1660 – 1645 м (приток пластовой воды достиг 51,6%). По составу проба оказалась хлоридно-натриевым рассолом, с общей минерализацией 234 г/дм³, плотностью 1,156 г/см³, содержанием аммония 14 мг/дм³, брома 516 мг/дм³, органического углерода 137 мг/дм³. Тип, по В.А. Сулину, хлоркальциевый. Гидрохимические условия испытанного объекта являются благоприятными для сохранения залежей нефти.

Среди метаморфитов **Мелекесской впадины в разрезах скв. 33, 34 и 1001** зафиксированы тонко-грубополосчатые мигматиты, тeneвые мигматиты и гомогенные гнейсоплагиограниты, взаимосвязанные между собой постепенными переходами. В совокупности они образуют «метаморфогенный матрикс», неоднородный по вертикали и, вероятно, по латерали. В его пределах сменяемость пород незаконномерна, а степень их преобразования такова, что при макроскопическом описании кернa весьма затруднительно определить объем метаморфизируемого субстрата, границы и конфигурацию конкретных геологических тел. Однако, послонное распределение разностей метаморфитов достаточно уверенно устанавливается при петрографо-геохимических исследованиях пород. Для них характерен пироксен-амфибол-биотитовый мафический парагенезис, сходные микроструктуры и оптические особенности породообразующих минералов.

Наиболее близки по физиографическому облику гнейсотоналиты и плагиогнейсограниты. Последние в качестве

лейкосомы формируют тонкополосчатые и теневые мигматиты по кварцевым гнейсодиоритам и гнейсотоналитам, а также отмечаются в достаточно однородных интервалах. В целом, весь ряд этих пород можно интерпретировать как неосомную часть мигматитовой толщи.

По петрохимическим признакам породы образуют достаточно упорядоченную группу, соответствующую гранитоидам пониженной щелочности натриевого уклона. Внутри нее фиксируются 3 статистических минимума распределения составов по SiO_2 (63 – 65 %, 69 – 70 %, 72 – 73 %), отделяющих кварцевые гнейсодиориты, гнейсотоналиты, мезо- и лейкограниты. Корреляционных переломов по содержанию других петрогенных элементов внутри группы не обнаружено. При сравнительном анализе средневзвешенных составов интервалов сплошной проходки с керном, по содержанию SiO_2 во вскрытом разрезе метаморфической толщи явно заметна “макроэвтакситовая расслоенность”, обусловленная чередованием макрополос, сложенных главными породами формации – гнейсогранитами и гнейсотоналитами, при преобладании последних.

Охарактеризованные породы относятся к тоналит-гнейсовой мигматитовой формации докембрийского возраста. Не исключено, что породы возникли в результате анатектического преобразования более древних и глубокометаморфизованных гранулитовых толщ, изохимичных неосомным производным. Выявленная дифференциация массива метаморфитов по вертикали, видимо, обусловлена в т.ч. и частичным отжимом (внедрением) гранитного материала из скоплений анатектического расплава.

Такой тип пород зафиксирован по материалам бурения многих скважин, вскрывших фундамент на территории Татарстана. Б.С. Ситдинов (1980) определял их как диафторические гнейсограниты, возникшие при гранитизации амфиболитов, или по сумме геолого-петрографических данных относил к породам лаишевской серии суперквартального болгарского комплекса архейского возраста, с первоначальным метапелит-вулканогенным субстратом. А.И. Постников (Доплатформенные..., 1992) данные породы выделяет в составе ультраметагенного плагиогранитного раннебакалинского комплекса. Цифры абсолютного возраста, полученные К-Аг методом, попадают в широкий диапазон 1,8 – 2,9 млрд. лет, и, по-видимому, большей частью «скорректированы» наложенными процессами.

Геохимический фон пород фундамента (Таусон, 1977) по сечениям скв. 33, 34 и 1001 не выходит за пределы гранитоидов андезитового типа ($\text{K/Rb} \sim 230$; $\text{Ba/Rb} \sim 10$), что свидетельствует о достаточно кислом протоконтинентальном составе коры AR-PR возраста в данном регионе. Для пород характерны повышенные концентрации Ba (до 1000 г/т), минимальные Ni, Co, V, Cr и закономерное увеличение содержания Th, Li, Rb, Cs и Ba в процессе эволюции формации, от тонко-грубополосчатых мигматитов к конечным дифференциатам-гнейсоплагиогранитам.

Таким образом, даже при относительно простом сравнительном анализе редкоэлементных составов пород фундамента двух соседних блоков Волго-Уральской антеклизы явно заметна гетерогенность метаморфических формаций, сформировавшихся протоколу региона AR-PR возраста.

В осадочном чехле СТС и Мелекесской впадины выявлены традиционные для этих регионов отложения девонской, каменноугольной, пермской, неогеновой и четвертичной систем. Установлены литогенетические типы оса-

дочных пород, тип вскрытого разреза в местной стратиграфической легенде, нефтематеринские толщи, пласты коллекторов и флюидоупоров. Осадочные породы охарактеризованы биостратиграфическими, геохимическими, литологическими и петрофизическими исследованиями.

Заключение

Таковы, в тезисной форме, результаты параметрического бурения 2002 – 2003 гг. на территории РТ. В статье упомянуты, но не приведены результаты обширных исследований НВСП, СЛБО, высокоточной геотермии, геохимических, петрофизических, палеонтологических и др.

Несмотря на то, что бурение скважин не выявило промышленно-значимых скоплений УВ, результаты работ для целей прогноза нефтегазоносности и уточнения региональной геологии Западного Татарстана станут базовыми на ближайшую перспективу. Составлены геолого-геофизические разрезы СТС и Мелекесской впадины, получена коллекторская характеристика пластов, оценен характер их насыщения, установлены скоростные параметры разреза, дана характеристика нефтегазоматеринских свойств вскрытых пород и оценка перспектив нефтегазоносности региона.

В целом, перспективы нефтегазоносности Мелекесской впадины оцениваются значительно выше, чем Северо-Татарского свода. По литолого-фациальным критериям Мелекесская впадина характеризуется наличием в разрезе как пород-коллекторов, обладающих хорошими фильтрационно-емкостными параметрами, так и флюидоупоров с хорошими экранирующими свойствами. Наличие в разрезе впадины катагенетически зрелых нефтематеринских пород и резервуаров, способных вмещать углеводороды, на фоне благоприятных гидрогеологических и тектонических предпосылок позволяет сделать вывод о высоких перспективах нефтеносности ее бортов и отчасти центральных участков.

Направления дальнейших научно-исследовательских и геологоразведочных работ с целью выявления промышленных скоплений нефти: 1) площадная сейсморазведка с выделением антиклинальных поднятий на всех стратиграфических уровнях; 2) геохимические исследования (наземные, атмосферно-химические, аэрогаммаспектрометрические); 3) методы локального прогноза (геофизико-геохимические – ГГХМ, сейсмические – «Нейросейсм» и др.) для выделения конкретных нефтеперспективных объектов.

Авторы признательны проф. Р.Х. Муслимову за всестороннюю помощь при выполнении Госконтрактов и научно-методическое руководство исследованиями.

Литература

- Добрецов Н.Л. Принципы выделения и классификации метаморфических формаций и задачи формационных исследований. *Метаморфические формации (принципы выделения и классификации)*. Тр. ИГГ СО АН СССР. вып. 488. Новосибирск. 1981. 6-19.
- Доплатформенные комплексы нефтегазоносных территорий СССР*. Под ред. В.С. Князева, Т.А. Лапинской. М. Недра. 1992.
- Муслимов Р.Х., Хамадеев Ф.М., Ибатуллин Р.Х., Кавеев И.Х. Программа дальнейшего изучения глубинных недр Татарии. *Глубинные исследования докембрия востока Русской платформы*. Казань. 1980. 3-13.
- Седиментологическое моделирование карбонатных осадочных комплексов*. Под ред. Н.К. Фортунатовой. М. НИА. Природа. 2000.
- Ситдинов Б.С., Низамутдинов А.Т., Полянин В.А. *Петрология и геохимия пород кристаллического фундамента востока Русской платформы*. Казань. Изд-во КГУ. 1980.
- Таусон Л.В. *Геохимические типы и потенциальная рудоносность гранитоидов*. М. Недра. 1977.