

МНОЖЕСТВЕННЫЙ ГРП



ИГОРЬ АФАНАСЬЕВ

Директор Департамента разработок месторождений ОАО «НК «Роснефть» (по материалам конференции «Инновационные технологии оценки, моделирования и разработки залежей нефти баженовской свиты», РГУ нефти и газа им. И.М.Губкина, сентябрь 2010 года)

При решении задачи воспроизводства собственной сырьевой базы «Роснефть» все более пристальное внимание обращает на баженовские отложения, с количеством и качеством которых компании повезло.

На фоне отсутствия «прорывных» успехов в развитии технологий теплового воздействия на пласты баженовской свиты компания делает ставку на успешный американский опыт разработки запасов сланцевой нефти и газа с помощью массового ГРП в горизонтальных скважинах. В ближайшее время на баженовских залежах будет осуществлен пилотный проект, по результатам которого будет приниматься решение об их широкомасштабном вовлечении в промышленную разработку.

Одна из ключевых задач «Роснефти», как и практически всех российских нефтяных компаний, заключается в необходимости поддерживать достигнутую в последние годы полку уровня добычи: в текущем году компания приближается к 120 млн тонн.

Однако несложно посчитать, что даже Ванкора с его запасами хватит в рамках решения данной задачи всего лишь на четыре года, два из которых уже позади. Ресурсы Юрубчена, следующего за Ванкором по объему запасов, которые составляют менее 100 млн тонн, не хватает даже на год.

Поэтому поиск новых перспективных запасов, особенно в тех зонах, которые уже обустроены и где создана инфраструктура, является для «Роснефти» первоочередной задачей, из которой логически вытекает не менее важная задача по освоению запасов баженовской свиты.

Салымский бажен

Разработка баженовской свиты в компании ведется в основном «Юганскнефтегазом» на Салымском месторождении, где на бажен пробурено уже достаточно

большое количество скважин. Максимальная накопленная добыча на скважину составляет 280 тыс. тонн (см. «Бажен в «Юганскнефтегазе»). Однако при этом

Разработка баженовской свиты в «Роснефти» ведется в основном на Салымском месторождении. Основной механизм добычи — истощение: обычного коллектора в свите нет в принципе

скважины, характеризующиеся значительной накопленной добычей (больше 50 тыс. тонн на сква-

Бажен в «Юганскнефтегазе»

| | |
|-----------------------------------|---|
| | ЮНГ |
| Описание | Коллектор баженовской свиты — нефтематеринская порода сложного состава — глинисто-кремнисто-карбонатного с повышенным содержанием (до 20%) органических остатков (керогена). Представлена на большей части площади Западной Сибири мощностью от 20 до 40м |
| Возраст | Юра (130 млн лет) |
| Литология | Битуминозные глины |
| Площадь | 8 500 км ² |
| Средняя выработка на скважину | 0–280 тыс.т. |
| Извлекаемые запасы нефти | (+272,8 млн т на территории ЛУЮНГ — на балансе) |
| Средняя глубина скважины | 3 200 м |
| Толщина | 20–40 м |
| Проницаемость | 0–1 мД |
| Прористость | до 10% |
| Давление | от 280 до 400 атм (есть зоны с АВПД) |
| Температура | 100°С |
| Отражающая способность витринита | 0,6–0,97% |
| Содержание органического вещества | 15% |
| Глины | 14–20% |
| Кремний/кальцит/карбонат | 72,4% |
| Входные дебиты | от 0 до 500 м ³ /сут |

жину), можно буквально пересчитать по пальцам.

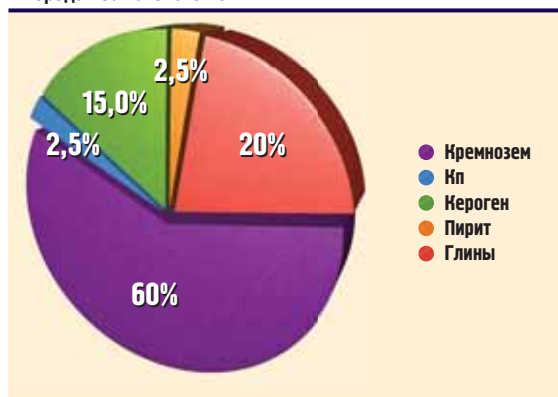
Но даже те баженовские запасы, которые уже поставлены на баланс, являются достаточно условными

Всего на Салымском месторождении из пластов баженовской свиты с начала разработки

АВПД является максимально положительным фактором при разработке пластов баженовской свиты

добыто больше 3 млн тонн нефти. Средняя глубина скважин со-

Соотношение основных породообразующих компонентов в породах баженовской свиты



ставляет порядка 3 км, эффективная мощность пласта — от 20 до 40 метров, диапазон проницаемости — от нуля до 1 мД. Величина пластового давления, составляющая 280–400 атм, свидетельствует о наличии зон с аномально высоким пластовым давлением (АВПД).

Важно отметить, что АВПД является максимально положительным моментом при разработке пластов баженовской свиты, прежде всего, потому, что это признак наличия значимых запасов углеводородов. Поэтому, планируя разработку, нужно двигаться именно в те зоны, где выявлено АВПД.

Кроме этого, основной механизм добычи нефти из пластов баженовской свиты и вообще из сланцев — это истощение. Соответственно, чем больше начальная пластовая энергия, тем больше конечный КИН.

Средние значения пластовой температуры баженовских залежей «Роснефти» составляют около 100°С, и лишь на некоторых участках достигают 130°С, а в отдельных случаях — 150°С. Однако мировая практика показывает, что значимые притоки и промышленная разработка возможны на сегодняшний день лишь на тех месторождениях сланцевой неф-

ти и сланцевого газа, где средняя пластовая температура выше 95°С.

Поскольку температурные показатели по ряду месторождений приближаются к нижней границе, при которой разработка баженовских запасов может быть эффективной, это в данном случае является осложняющим фактором. Содержание органического вещества очень большое — около 15%, глинистость — 14–20%.

Условные запасы

«Роснефти» повезло с запасами бажена — они являются достаточно перспективными. Дело в том, что месторождения компании приурочены к глубоководным морским отложениям баженовского времени. Условия для генерации углеводородов в этих зонах (подходящие температуры и давления) были лучше, чем у окружающих пластов.

Соотношение основных породообразующих компонентов в породах баженовской свиты показано на объемной минерально-компонентной модели (см. «Объемная минерально-компонентная модель»). Нормального коллектора в баженовской свите нет в принципе, а керогена довольно много — 15%.

В результате проведенного подсчета баженовских запасов (см. «Запасы пласта ЮС₀ по «Юганскнефтегазу») всего на баланс поставлены 224 млн тонн С₁+С₂.

Вместе с тем, на большинстве месторождений никакого подсчета запасов фактически не проводилось, хотя на многих из них, в частности на Приобском, по результатам испытания скважин были получены значимые притоки — до 16 м³/сутки — из пластов баженовской свиты.

По оценке Корпоративного научно-технического центра компании, ресурсы баженовской свиты по месторождениям с подтвержденной продуктивностью скважин, но неподготовленными запасами, составляют 60 млн тонн.

Однако даже те запасы, которые уже поставлены на баланс, являются достаточно условными, поскольку никаких надежных ме-

тодик подсчета запасов бажена на сегодняшний день не существует. Непонятно, в частности, какая пористость у этих отложений, неясно и какой КИН может быть достигнут.

Всего на пласт ЮС₀ «Юганскнефтегаза» было опробовано около 200 скважин (см. «Нефтеносность пласта ЮС₀...»). Максимальная продуктивность скважин (исходный дебит более 100 тонн в сутки) была получена, в основном, на Салымском и нескольких скважинах Приразломного месторождения. Значительная часть скважин давала дебит 50–100 тонн в сутки. В любом случае продуктивность данных отложений является достаточно хорошей, что уже видно по дебитам вертикальных скважин.

Как известно, исходная проницаемость пластов сланцевых отложений очень низка. В США средняя величина проницаемости интенсивно разрабатываемых сланцевых запасов составляет 0,001 мД, то есть 10–9 дарси. Это непреложный факт, научно доказанный результатами исследований огромного количества керн. При этом по большинству американских месторождений вертикальные скважины не давали вообще никакого притока.

Разработка идет успешно при помощи других технологий. Тот факт, что у нас получается добывать нефть с помощью вертикальных скважин, даже без ГРП, и при этом получать значимые отборы, говорит о том, что потенциал российского бажена на самом деле достаточно велик.

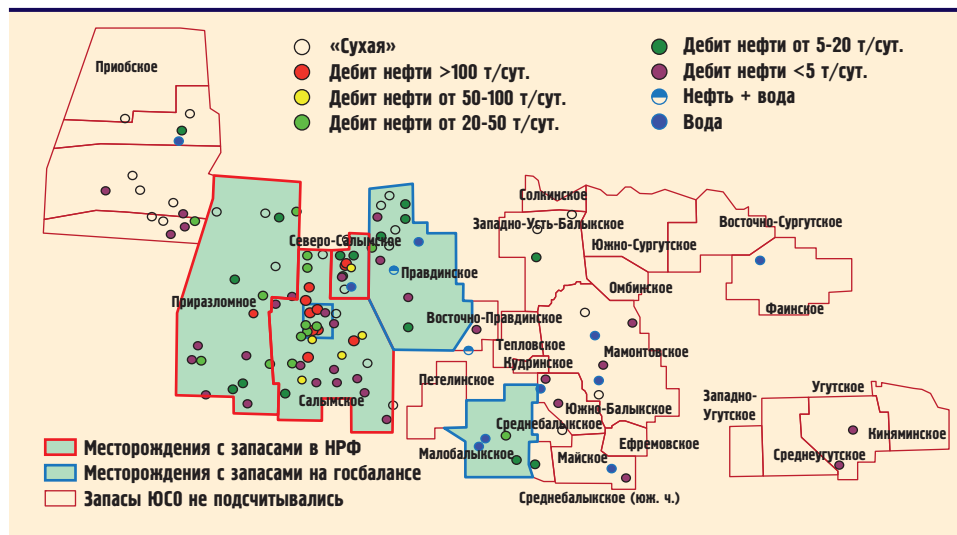
Компанией была построена достаточно грубая карта, на которой определена основная нефтеперспективная зона, в которую попадают, в частности, Салым, Приразломное, Приобское. Поэтому «Роснефть» пытается работать с баженскими отложениями именно там.

Механизмы отбора

Добыча из бажена принципиально возможна за счет трех различных механизмов.

Первый — добыча нефти из существующего емкостного пространства естественных трещин и матрицы. Данный механизм сего-

Нефтеносность пласта ЮС₀, район деятельности «РН-Юганскнефтегаза»



дня повсеместно реализуется в «Юганскнефтегазе» и вообще в Западной Сибири посредством вертикальных скважин, скважин с ГРП и т.д. Это не что иное, как отбор нефти из значимых пустот раскрытых трещин, каверн.

Второй механизм — добыча при генерации жидких углеводородов из органического вещества пластов-аналогов бажена под влиянием теплового воздействия. Пилотные проекты реализуются российскими компаниями (термогаз) и международными компаниями (термоГРП). Большинство из них занимаются этой темой в рамках НИОКР. Например, опытные работы по термоГРП проводятся в ExxonMobil.

В отличие от российских компаний, иностранные концентрируются, в основном, на более простых методах нагрева пласта. Например, суть термоГРП заключается в гидроразрыве, закачке в пласт проводящего материала и нагреве электричеством. Однако на сегодняшний день попытки разложения керогена с помощью генерации тепла промышленно значимых успехов не принесли.

Третий механизм — создание вторичной проницаемости пласта за счет массового гидроразрыва в горизонтальных скважинах. Именно с масштабным применением этой технологии связаны успехи в разработке сланцевых запасов нефти и газа в США. Поэтому «Роснефть», в первую очередь,

будет фокусироваться на применении данной технологии при разработке баженской свиты.

Программа работ

В «РН-Юганскнефтегазе» реализуется Программа работ по

Тот факт, что «Роснефть» добывает нефть с помощью вертикальных скважин, даже без ГРП, и при этом получает значимые отборы, свидетельствует о высоком потенциале баженской свиты

определению технологий разработки и потенциала добычи нефти из баженской свиты. В 2009 году «Роснефть» вернулась к бурению на бажен. В рамках реали-

В основную нефтеперспективную зону по бажену попадают, в частности, Салым, Приразломное, Приобское

зации первого этапа программы (см. «Программа работ по бажену») на Салымском месторождении были пробурены все пять запланированных скважин с расширенным комплексом ГИС и отбором керн.

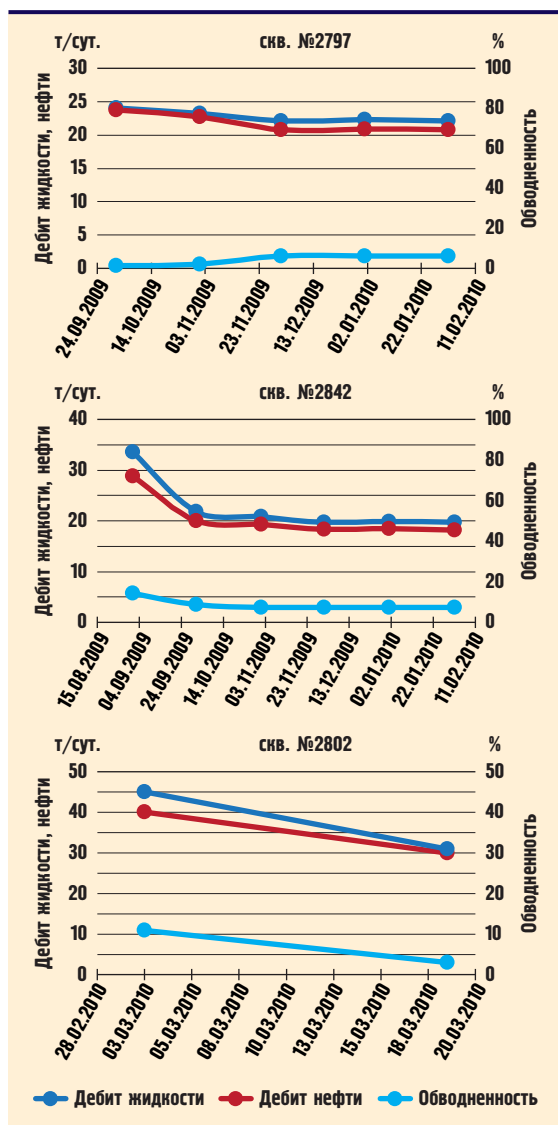
По всем скважинам проводится ГРП с закачкой до 150 тонн пропантанта. По трем из них, работающим до сих пор, получен стабиль-

ный приток нефти 30 тонн в сутки (см. «Работы, выполненные в 2009–2010 гг.»). С одной стороны, это хороший результат, с другой — хочется большего. В этом году на бажене был отобран новый керн —

На сегодняшний день попытки разложения керогена с помощью генерации тепла промышленно значимых успехов не принесли

неизолированный. Больше таких ошибок делаться не будет. Керн, отбираемый в настоящее время еще из одной скважины на Правдинском месторождении для последующих исследований, будет изолированным.

Работы, выполненные в 2009–2010 гг.



В настоящее время проводится очень качественная сейсмика 3D на Салымском лицензионном участке для переинтерпретации и построения нормальной сейсмогеологической модели бажена в рамках самых продуктивных отложений. Проводится подготовка

к проведению первичных исследований керна Салымского месторождения.

Первичных, потому что, к сожалению, на текущий момент лабораторного оборудования, способного производить качественные исследования керна с проникае-

Запасы пласта ЮС₀ по «Юганскнефтегазу»

Запасы нераспределенного фонда в границах ЮНГ

| Месторождение | Запасы, тыс. т. | C ₁ | C ₂ | Всего |
|------------------|-----------------|----------------|----------------|---------|
| Приразломное | геологические | 114 815 | 74 074 | 188 889 |
| | извлекаемые | 31 000 | 20 000 | 51 000 |
| | КИН | 0,270 | 0,270 | 0,270 |
| Северо-Салымское | геологические | 87 317 | 9 637 | 96 954 |
| | извлекаемые | 23 221 | 2 602 | 25 823 |
| | КИН | 0,266 | 0,270 | 0,266 |
| Салымское | геологические | 444 444 | 103 704 | 548 148 |
| | извлекаемые | 120 000 | 28 000 | 148 000 |
| | КИН | 0,270 | 0,270 | 0,270 |
| Всего | Геологические | 646 576 | 187 415 | 833 991 |
| | Извлекаемые | 174 221 | 50 602 | 224 823 |
| | КИН | 0,269 | 0,270 | 0,270 |

Начальные запасы на балансе ЮНГ

| Месторождение | Запасы, тыс. т. | ВС ₁ | C ₂ | Всего |
|---------------|-----------------|-----------------|----------------|--------|
| Салымское | геологические | 43 665 | - | 43 665 |
| | извлекаемые | 12 371 | - | 12 371 |
| | КИН | 0,270 | 0,270 | 0,283 |
| Малобалькское | геологические | 3 011 | 20 808 | 23 189 |
| | извлекаемые | 1 203 | 8 313 | 9 516 |
| | КИН | 0,4 | 0,4 | 0,400 |
| Правдинское | геологические | 822 | 24 272 | 25 094 |
| | извлекаемые | 164 | 2 427 | 2 591 |
| | КИН | 0,200 | 0,100 | 0,103 |
| Всего | Геологические | 47 498 | 45 080 | 92 578 |
| | Извлекаемые | 13 783 | 10 740 | 24 478 |
| | КИН | 0,289 | 0,238 | 0,264 |

Результаты испытаний скважин на лиц. участках, запасы пласта ЮС₀ по которым не подсчитаны

| Участок | Пласт | Кол-во скважин | нефть м ³ /сут. | жидкость м ³ /сут. |
|-----------------------------|---|----------------|----------------------------|-------------------------------|
| Южно-Сургутский | ЮС ₀ | 2 | нет данных | |
| Южно-Балькский | ЮС ₀ | 3 | 0,5-1,5 | |
| Фаинский | ЮС ₀ , ЮС ₀ + ЮС ₁ | 4 | 0-3,5 | 0,2-22 |
| Усть-Балькский | ЮС ₀ | 2 | 0-5,5 | |
| Угутский | ЮС ₀ | 1 | 0,5 | |
| Тепловский | ЮС ₀ , ЮС ₀ + ЮС ₁ | 2 | нет данных | |
| Среднебалькский (юж. часть) | ЮС ₀ | 1 | 0,6 | |
| Приобское | ЮС ₀ , ЮС ₀ + ЮС ₂ | 16 | 0-27,5 | |
| Петелинский | ЮС ₀ | 4 | 0-2,2 | |
| Мамонтовский | ЮС ₀ , ЮС ₀ + ЮС ₁ | 8 | 0-1 | 0-17,5 |
| Майский | ЮС ₀ | 3 | 0 | 0 |
| Восточно-Сургутский | ЮС ₀ , ЮС ₀ + ЮС ₁ + ЮС ₂ | 2 | 0,6 | |
| Восточно-Правдинский | ЮС ₀ , ЮС ₀ + ЮС ₂ | 2 | 3,2 | |

Программа работ по Бажену

| Мероприятие | Цель | Срок* | Текущее состояние | |
|-------------|--|--|-------------------|---|
| 1 | Бурение первых 5 вертикальных скважин с ГРП с расширенным комплексом исследований и отбором кернана Салымском месторождении | Получение данных о продуктивности Бажена, оценки эффективности ГРП, определении направлений трещиноватости | 31.05.10 | Пробурены 4 скважины. Отобран керн, проведены исследования. 3 скважины вышли на стабильный режим 20–30 т/сут. |
| 2 | Завершение полевых работ по 3D-сейсморазведке на ЛУ «Роснефти» на Салымском месторождении | Подготовка материалов для построения геологической модели Баженовской свиты | 30.04.10 | Работы начаты согласно утвержденному плану ГРП. Будут выполнены в срок |
| 3 | Проведение исследований кернана Салымского месторождения | Получение численных данных для построения геологической модели | 31.12.10 | Отобран керн из скважины 2802, Подготовлена программа исследований |
| 4 | Оборудование лаборатории по исследованиям кернана Бажена | Получение численных данных для построения геологической модели | 31.12.11 | В БП 2011 г. включена тема по закупке оборудования и развитию лабораторий в Уфе |
| 5 | Углубление 6–8 перспективных скважин Правдинского, Приобского, Приразломного, Мало-Балыкского месторождений до Бажена с расширенным комплексом ГИС, профилем притока и отбором кернана | Получение данных о продуктивности Бажена, определение направлений трещиноватости | 31.12.11 | Работы включены в БП |
| 6 | Проведение НИОКР по теме «Потенциал и технологии генерации нефти из керрогена Баженовской свиты с использованием тепловых методов» | Сбор результатов работ по генерации нефти из органического материала | 31.12.10 | Подготовлен договор в рамках инновационной деятельности с СО РАН, МФТИ |
| 7 | Подготовка принципиальной геологической модели Бажена на Салымском и Правдинском месторождениях | Обобщение всех проведенных исследований на Бажене. Подготовка цифровой геологической модели | 31.12.10 | Заключен НИОКР по Бажену с УфаНИПИ на 2010 г. |
| 8 | Подготовка пилотного проекта по бурению горизонтальных скважин с множественным ГРП (Технология разработки сланцевых запасов нефти и газа в США) | Подготовка проекта испытаний технологий разработки Бажена | 01.07.11 | Выполняется программа исследований для подготовки пилотного проекта |
| 9 | Реализация пилотного проекта по бурению горизонтальных скважин с множественным ГРП | Испытание технологий разработки Бажена | 01.07.12 | ----- |
| 10 | Принятие решения о запуске разработки Баженовской свиты | Принятие решения о разработке Бажена | 01.07.12 | ----- |
| 11 | Подсчет запасов и проектный документ на разработку Бажена Салымского месторождения | В случае успеха пилотного проекта начало реализации по вводу в разработку Баженовской свиты | 31.12.12 | ----- |

мостью 0,001 МД, в компании нет. Также пока нет ни технологии, ни оборудования для определения пористости в таких коллекторах.

В бизнес-план на 2011 год включена тема по закупке спецоборудования для лабораторных исследований кернана бажена. После этого планируется еще раз провести тщательные исследования кернана и получить более надежные количественные данные для построения геологической модели.

В соответствии с бизнес-планом в следующем году будет проведено углубление 6–8 перспективных скважин Правдинского, Приобского, Приразломного и Мало-Балыкского месторождений до бажена, а также будут проедены исследования данных скважин и отбор изолированного кернана для создания уже масштабной региональной модели баженовской свиты.

Поскольку бурение разведочных скважин — удовольствие дорогое, везде, где есть перспективные зоны по бажену и где идет эксплуатационное бурение, скважины будут углубляться до баженовских залежей, для того чтобы за относительно небольшие деньги получить исчерпывающую информацию по баженовским пластам.

В настоящее время готовится пилотный проект по бурению горизонтальных скважин с множественным ГРП, в процессе реализации которого на горизонтальных скважинах длиной до 1–2 км будет проводиться многостадийный ГРП — до 30 гидроразрывов на одну скважину.

Все переговоры с подрядчиком уже проведены, технология абсолютно понятна, и первая пилотная скважина, возможно, будет пробурена еще до конца 2010 года.

Полная реализация пилотного проекта планируется на 2012 год.

«Роснефть» при разработке баженовских запасов будет фокусироваться на применении массового ГРП в горизонтальных скважинах

По ее результатам будет принято решение о начале широкомас-

Готовится пилотный проект по бурению горизонтальных скважин с множественным ГРП: на горизонтальных скважинах длиной до 1–2 км будет проводиться многостадийный ГРП

штабной разработки баженовской свиты. 