



С.В. Делия
канд. геол.–мин. наук
РИТЭК
заместитель генерального
директора по геологоразведке
sdeliya@ritek.ru



К.А. Драндусов
РИТЭК
геолог
kdrandusov@ritek.ru



В.Б. Карпов
канд. техн. наук
РИТЭК
заместитель генерального
директора по разработке
месторождений –
главный геолог
karpov@ritek.ru



Д.А. Мамаев
РИТЭК
ведущий геолог
dmamaev@ritek.ru

РИТЭК: Опыт опоскования, разведки, подсчета запасов и разработки отложений баженовской свиты

Российская инновационная топливно-энергетическая компания (РИТЭК) уделяет особое внимание разработке, испытаниям и внедрению инновационных методов добычи трудноизвлекаемых запасов углеводородного сырья (ТРИЗ), составляющих 52% ее запасов, в том числе – запасов, приуроченных к отложениям баженовской свиты (БС). Актуальность ввода в разработку БС обусловлена большим потенциалом ее ресурсов. Согласно оценкам зарубежных и отечественных экспертов, потенциал извлекаемых запасов нефти БС в РФ составляет около 30–40 млрд т [1, 4]. РИТЭК имеет уникальный опыт опоскования, разведки и промышленной разработки нетрадиционных залежей нефти бажено-абалакского комплекса на Средне-Назымском и Галяновском лицензионных участках в Западно-Сибирском нефтегазовом бассейне в ХМАО

Russian innovation fuel and energy company (RITEK) pays special attention to the development, testing and implementation of innovative methods of production of unconventional hydrocarbon reserves, constituting 52% of its reserves, including reserves, is dedicated to the Bazhenov formation (BS) deposits. The relevance of input in the development of BS due to the large potential of its resources. According to the estimates of foreign and domestic experts, the potential recoverable oil reserves BS in Russia approximately 30–40 billion tons. RITEK has a unique experience prospecting works, field work and commercial development of unconventional oil Bazhenov-Abalak complex Medium-Nazymsky and Galyanovsky license areas in the Western Siberian oil and gas basin in Khanty-Mansiysk

Ключевые слова: баженовская свита; подсчет запасов; гидроразрыв пласта; технология термогазового воздействия

Keywords: Bazhenov formation, calculation of reserves; hydraulic fracturing; the technology of thermal gas treatment

Как известно, продуктивность БС связана с зонами естественной трещиноватости. Высокая эффективность применения технологий стимуляции притока (ГРП и ОПЗ – обработка призабойных зон добывающих скважин составами на основе соляной кислоты) возможна только при создании гидродинамической связи между ПЗП и зонами естественной трещиноватости. Сложные геологические условия БС предопределили, что процессы поиска, разведки и разработки запасов в ее отложениях необходимо выполнять одновременно.

В этой связи РИТЭК ведет обоснование системы эффективного освоения запасов БС по трем направлениям:

- поиск и картирование высокопродуктивных участков, приуроченных к зонам трещиноватости, т.е. разуплотнения с целью оптимального размещения эксплуатационных скважин по площади нефтеносности;

- определение оптимальной схемы заканчивания скважин для обеспечения более высокой вероятности приобщения естественных зон трещиноватости и эффективности применения методов ИДН и ПНП;

- поиск и применение методов предотвращения быстрого снижения дебитов скважин.

Опоискование и разведка БС

В полевой сезон 2010–2011 гг. на Средне-Назымском лицензионном участке были проведены полевые широкоазимутальные сейсморазведочные работы на площади 200 км².

По окончании полевого этапа выполнена обработка сейсмических данных с применением азимутальной миграции и миграции дуплексных волн, а также их интерпретация в комплексе с материалами бурения, ГИС, промыслово-геофизических исследований и данными разработки. В результате получен прогноз характеристик геологического разреза и трещиноватости БС по площади

Для прогнозирования свойств и выдачи рекомендаций на бурение высокопродуктивных скважин на отложения БС возникла необходимость разработки модели залежи и определения факторов продуктивности отложений для обоснованного выбора методов интерпретации имеющейся геолого-геофизической информации. По итогам структурной интерпретации были получены структурные карты опорных горизонтов и создана 3-мерная модель разрывных нарушений, состоящая из двух основных систем – юрской и неокомской. Как показывает практика, высокопродуктивные скважины в основном приурочены к зонам вблизи юрских разрывных нарушений.

После интерпретации кубов упругих свойств различными методами получены карты мощностей пород-коллекторов баженовских отложений, согласующиеся между собой. Интерпретация кубов-атрибутов некогерентности, поверхностных атрибутов изгибов, результатов миграции дуплексных волн также дала карту вероятности наличия трещиноватости в баженовских отложениях.

Комплексная интерпретация всей геолого-геофизической информации позволила выделить зоны повышенной вероятности продуктивности для бурения 4 разведочных скважин.

Подсчет запасов БС

На этапе подсчета запасов УВС баженовских отложений возникают определенные трудности, т.к. коллекторы БС имеют сложную структуру пустотного пространства, а их эффективная емкость представлена в основном кавернами, трещинами и полостями выщелачивания по трещинам. Эффективные нефтенасыщенные толщины выделяются по ГИС с большой условностью, т.к. в таких отложениях невозможен обычный подход при определении эффективных толщин по общепринятому комплексу ГИС.

В настоящее время общепризнанная методика выделения нефтенасыщенных коллекторов и количественная оценка их параметров по данным ГИС находится на стадии разработки. Невыдержанность нефтеотдающих пропластков как по площади, так и по мощности, естественное отсутствие пластовой воды и связи со структурным фактором вносят существенную неопределенность в оконтуривание залежи.

Без наличия разработанной методики и петрофизической основы для определения количественных параметров по материалам ГИС для подсчета запасов отложений БС ФБУ «ГКЗ» принимает следующие параметры:

- эффективная нефтенасыщенная толщина – 1/3 от общей толщины пласта ЮК-0 БС;
- коэффициент пористости – 8%;
- коэффициент нефтенасыщенности – 0,85 д.ед.

В соответствии с этими параметрами на 01.01.2015 на балансе РИТЭКа по баженовским отложениям в пределах Средне-Назымского месторождения числятся более 41 млн т начальных геологических запасов нефти и 800 млн м³ растворенного газа.

Разработка БС

Опыт РИТЭКа показывает, что максимальная вероятность вскрытия трещиноватых вы-

сокопродуктивных участков в отложениях БС может быть обеспечена только с помощью горизонтальных скважин (ГС) в комплексе с предварительным изучением разбуриваемого участка современными методами сейсмо-разведки. Наиболее технологически эффективным методом интенсификации притока является ГРП. Совмещение этих технологий и опробование их на Средне-Назымском месторождении в настоящее время является основной концепцией для обоснования оптимальной схемы заканчивания скважин. Вероятность вскрытия высокопродуктивных участков возрастает с увеличением длины горизонтальной части скважины, которая, в свою очередь, ограничивается размерами элемента разработки и технико-экономическими возможностями бурового подрядчика. Многофакторный анализ позволил остановиться на длине горизонтальной части ствола скважины, равной 1000 м. По мнению специалистов РИТЭКа, для увеличения продуктивности ГС, пробуренных в неоднородных коллекторах БС, наиболее целесообразным является применение многозонного ГРП (МГРП).

Между тем, строительство ГС на баженовские отложения является высокорискованным и крайне технологически сложным процессом, требующим глубокого понимания характеристик пластовых напряжений, деформаций вмещающих и перекрывающих пород. Физика и геология вместе с технологическими расчетами используются для выяснения того, как породы и содержащиеся в них флюиды реагируют на силовое воздействие или же на изменения напряжений, давления и температуры, вызванные процессами бурения, заканчивания скважин и последующей добычи [3].

Опыт РИТЭКа по бурению ГС в отложениях БС показал, что главной задачей является сохранение устойчивости ствола скважины. Первичное вскрытие пласта при бурении первой ГС (№ 100Г) сопровождалось множеством осложнений (осыпание шлама, посадки и затяжки инструмента, скачки давления с риском прихвата инструмента). Большая часть осложнений при бурении наблюдалась во фроловской и тутлеймской (баженовской) свитах в интервалах с зенитным углом наклона скважины 40–60°. Известно, что прочность глинистых пород под углом 45° по отношению к слоистости может быть вдвое меньше по сравнению с прочностью тех же пород параллельно и перпендикулярно слоистости. Комплексный анализ буровых событий позволил установить несоответствие режимов бурения и конструкции скважин горно-гео-

логическим условиям и геомеханическим свойствам вскрываемого разреза.

Для проведения геомеханического моделирования реализована программа расширенного комплекса промыслово-геофизических исследований, включающая запись волнового дипольного акустического каротажа, стандартного каротажа, пятizonдового индукционного каротажа и замера пластовых давлений испытателем пластов на кабеле. На отобранном керне с фроловской, баженовской, тюменской свит и палеозойского фундамента проведено геомеханическое тестирование более чем 100 образцов, включающее тесты на прочность при одноосном и трехосном сжатии, а также тесты на растяжение.

На основе полученных результатов выработаны рекомендации по безопасным траекториям для проектных скважин, оптимальным рецептурам бурового раствора для вскрытия проблемных участков разреза, безопасным значениями скорости проведения спуско-подъемных операций оптимальному размещению портов для МГРП. Это позволит в будущем существенно снизить риски при разбурировании залежей БС.

Пробуренная в зону повышенной трещиноватости скважина № 100Г была введена в эксплуатацию с дебитом нефти 70 т/сут., что в среднем в три раза превысило дебит скважин с вертикальным вскрытием пласта, пробуренных в аналогичных геологических условиях.

Результаты сейсмического мониторинга развития трещин МГРП косвенно подтвердили геологическую модель пласта, полученную при комплексной интерпретации результатов ГРП: 45% притока приходится на порт, расположенный на участке пересечения двух разломов.

Таким образом, РИТЭК получил положительные результаты в процессе поиска зон повышенной трещиноватости на объекте БС Средне-Назымского месторождения, а также в области создания искусственных зон трещиноватости при заканчивании горизонтальных скважин МГРП.

Этот пример, в частности, доказывает, что в условиях БС для добычи УВС целесообразно использовать именно ГС. Наклонно-направленными скважинами с вертикальным вскрытием пласта «поймать» разлом практически невозможно. В то же время интенсификация притока подразумевает МГРП со сложной конструкцией хвостовика, а закачка больших объемов пропанта с высокой долей вероятности может привести к «стопу». Добывающая скважина очень быстро выходит на режим, но также стремительно теряет дебиты, что приводит к необходимости масштабного разбури-

Рис. 1.

Механизм термогазового воздействия на породы БС

ния и создания системы воздействия на пласт для обеспечения приемлемой добычи нефти.

Технология термогазового воздействия

Практика прежних лет доказала неэффективность ППД методом заводнения в отложениях БС [5, 6]. Вместе с тем, теоретические и лабораторные исследования показали, что создание фронта эффективного вытеснения нефти из коллекторов БС с подключением недренируемой матрицы возможно за счет пиролиза содержащегося в ней керогена [2].

Принцип технологии термогазового воздействия (ТГВ) основан на закачке в скважину воздуха, который в температурных условиях пласта вступает в химическую реакцию окисления с пластовой нефтью, находящейся в трещинах и с нефтекерогенсодержащей породой (практически непроницаемой матрицей). В результате обеспечивается не только эффективное вытеснение нефти из пустотного пространства коллекторов, но и задействуется непосредственно керогеновый слой нефтематеринской матрицы, приобретающей определенные фильтрационные свойства вследствие термодеструкции. Таким образом, технологическая эффективность ТГВ складывается из трех составляющих: добыча нефти из дренируемых зон, пиролиз керогена в дренируемых зонах и термогидродинамическое воздействие на недренируемые зоны – матрицу (рис. 1).

Зимой 2009–2010 гг. РИТЭК провел испытания комплекса технических средств и технологии ТГВ на первоочередном участке пласта ЮК0-1 Средне-Назымского месторождения. За время эксперимента было закачено около 7 млн м³ воздуха. Результаты испытания технологии подтвердили протекание внутрипластовых окислительных процессов: в добываемых газах увеличилась доля углекислого газа и азота; в попутном газе отмечалось практически полное отсут-



ствие кислорода; отмечалась тенденция снижения плотности и вязкости нефти, изменился ее состав в сторону увеличения легких фракций; газовый фактор вырос в два раза, прежде всего, за счет увеличения доли УВ-газов. Эти результаты косвенно подтверждают пиролиз керогена. Кроме этого, в нагнетательной скважине отмечалось повышение температуры до 127 °С при начальной величине 107 °С. Наблюдался рост пластового давления в среднем на 50 атм.

РИТЭК планирует продолжить опытно-промышленные работы по ТГВ. Комплексный анализ накопленной научно-исследовательской и промысловой информации показал целесообразность расширения объемов испытания технологии до трех участков. На третьем участке предлагается применить технологию ТГВ с бурением ГС и проведением МГРП. Необходимо отметить, что накопленная добыча по первой введенной в эксплуатацию ГС с применением этой технологии составляет более 10 тыс. т нефти

Особо следует подчеркнуть, что проблемы экологического характера, присущие разработке сланцевых месторождений за рубежом, не актуальны для БС, которая расположена на глубинах порядка 2,5–3 км и перекрыта пластичными глинами, не позволяющими продуктам термогазового воздействия мигрировать к поверхности. ☹

Литература

1. Алекперов В.Ю., Грайфер В.И., Николаев Н.М., Карпов В.Б., Кокорев В.И., Нургуалиев Р.Г., Палий А.П., Боксерман А.А., Клиничев В.А., Фомкин А.В. Новый отечественный способ разработки месторождений баженновской свиты // Нефтяное хозяйство. 2013. № 12; 2014. № 1.
2. Боксерман А.А., Грайфер В.И., Николаев Н.М., Кокорев В.И., Чубанов О.В., Якимов А.С., Карпов В.Б., Палий А.П. Патент № 2418944 РФ от 16.04.2010. Способ разработки нефтекерогеносодержащих месторождений / Оpubл. 20.05.2011.
3. Дж. Кук и др. О важности механических свойств горных пород: лабораторная проверка геомеханических данных // Нефтегазовое обозрение. 2007. Осень.
4. Карпов В.Б. Реализация инновационных принципов разработки на месторождениях ОАО «РИТЭК» // Состояние и дальнейшее развитие основных принципов разработки нефтяных месторождений (сб. ст. к 50-летию деятельности ЦКР Роснедра по УВС. М. 2013. С. 125–131.
5. Макаров Л.В., Сторожев А.Д. Особенности отбора нефти из глинистых отложений баженновской свиты // Нефтяное хозяйство. 1983. № 1.
6. Московцев О.А., Погонищев В.И. Результаты опытно-промышленной эксплуатации скважин баженновской свиты Салымского месторождения // Нефтяное хозяйство. 1984. № 6.