

БИТУМИНОЗНЫЕ ГЛИНИСТЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ БАЖЕНОВСКОГО ГОРИЗОНТА – ПРИОРИТЕТНЫЙ СТРАТЕГИЧЕСКИЙ ОБЪЕКТ НЕФТЕДОБЫЧИ В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

А.М. Брехунцов, И.И. Нестеров (мл.), Л.А. Нечипорук
ОАО «СибНАЦ», г. Тюмень, e-mail: sibnac@sibsac.ru

Битуминозные отложения баженовского горизонта содержат значительный и практически неиспользуемый углеводородный потенциал, который может стать гарантом стабилизации падающей нефтедобычи в Западной Сибири.

Сокращение объема активных запасов нефти при увеличении доли их трудноизвлекаемой составляющей существенно повышает затратность на различных стадиях разведки и разработки залежей УВ сырья. Поэтому в отрасли среди главных стоит задача широкого внедрения новых технологий, позволяющих увеличить рентабельность освоения таких запасов. Необходима разработка методик поиска и освоения залежей УВ сырья в низкопроницаемых и глинистых толщах.

В утвержденной Генеральной схеме развития нефтяной отрасли России до 2020 года баженовская свита Западной Сибири определена одним из приоритетов в инновационном развитии нефтяного комплекса страны.

Стратиграфия и палеогеография

В составе битуминозных отложений баженовского горизонта в настоящее время выделяются баженовская и тутлеймская свиты, отличающиеся по литологии и стратиграфическому объему.

Баженовская свита была выделена в 1959 г. по скважинам Саргатской площади в Омской области, как баженовская пачка в составе марьяновской свиты и отображена в региональной стратиграфической схеме 1960 г. (Гурари, 1959; Баженовский горизонт, 1986). В 1965 г. пачка переведена в ранг свиты. Отложения представлены темно-серыми (до черных) битуминозными кремнисто-глинистыми и карбонатно-глинистыми породами толщиной от 10 до 50 м. Данная свита характеризуется специфическими, отличными от остальных продуктивных комплексов Западной Сибири фациально-геохимическими, геоэлектрическими и акустическими свойствами, распределением коллекторов и промышленной нефтеносности.

Площадь распространения баженовской свиты охватывает более 1 млн км². Глубина залегания – от 650 м в окраинных зонах до 3700 м в наиболее погруженных частях бассейна. На контакте между битуминозными глинами баженовской свиты и

перекрывающими их глинистыми и песчано-глинистыми породами неокома во временном поле формируется отражающий горизонт Б. Кровля битуминозных глин обладает наибольшим отрицательным коэффициентом отражения (0,12–0,17). Волна Б динамически ярко выражена, прослеживается на большей части Западной Сибири и является основным сейсмическим репером. Как правило, в прямой полярности волна Б представлена высокоамплитудным двухфазным колебанием.

Тутлеймская свита выделена по разрезам скважин Деминской и Березовской площадей в 1956 году. Сложена аргиллитоподобными глинами (от темно-серых до черных, с буроватым оттенком, битуминозными). В разрезе свиты зафиксированы прослои карбонатных пород, серых глин, редко включения песчано-алевритовых линзовидных прослоев, пирит, ихтиодетрит. Возраст свиты определяется по находкам фауны и микрофауны как волжский–ранневаланжинский. Формировались осадки в условиях морского бассейна. Толщины достигают 40–70 м. Свита развита в Березовско-Тобольской зоне.

Битуминозные отложения позднеюрского возраста формировались в морских условиях и развиты на значительной территории Западно-Сибирского бассейна. В условиях устойчивого опускания на огромных пространствах накапливались исключительно глинистые тонко отмученные осадки, часто обогащенные органическим веществом. Площадь морского осадконакопления оценивается в 1,7 млн км² (Филина и др., 1984). Основным источником сноса терригенного материала располагался в юго-восточных и восточных районах. Поэтому песчано-алевритовые горизонты в верхнеюрских образованиях зафиксированы в восточных районах (наунакская, васюганская, сиговская и яновстанская свиты). В западном направлении отмечается глинизация верхнеюрских образований, и в разрезе выделяются глинистые абалакская и баженовская свиты.

В позднеюрское время в глубоководной части шельфа накапливались черные и буровато-черные глины, обогащенные органическим веществом с массивной текстурой, листоватой и тонкоплитчатой отдельностью, слоистость чаще всего была горизонтальная, обусловленная ориентированными слоями разной окраски органического вещества, часто пиритизированного. Нередко глины сильно известковистые, переходящие в мергели. Для пород характерны включения остатков скелетов рыб, головоногих моллюсков, радиолярий, отпечатки водорослей, аммониты, белемниты, фораминиферы.

Органическое вещество встречается как тонко рассеянное, так и образующее самостоятельные прослойки.

В северо-восточном направлении толщины верхнеюрских отложений значительно возрастают, глины теряют битуминозность, в разрезе возрастает доля песчаных пропластков. На сейсмических разрезах опорный сейсмоотражающий горизонт «Б» расщепляется на несколько площадок.

Параметры баженовской свиты

Идентификация баженовской свиты (по лабораторным исследованиям) может быть произведена по следующим параметрам:

- содержание глинистых минералов (по ГОСТ 12536-83) – более 14%;
- содержание кремнезема (ОСТ 41-08-272–04 «Управление качеством аналитических работ. Методы геологического контроля качества аналитических работ») – более 12%;
- содержание смеси урана, радия (ОСТ 41-08-272–04 «Управление качеством аналитических работ. Методы геологического контроля качества аналитических работ») – более $0,5 \cdot 10^{-4}$ вес.%;
- закрытая пористость (ОСТ 39-181-85 Нефть. Метод лабораторного определения пористости углеродосодержащих пород) – более 9%;
- возраст формирования (датируется по распаду урана «Определение урана в образцах с помощью ядерно-физических методов. Новосибирск, 2011») – волжский–берриасский;
- газопроницаемость по керну (ГОСТ 26450.0-85 Породы горные. Методы определения коллекторских свойств) – менее 1 мД;
- содержание рассеянного органического вещества ($C_{орг}$) – более 5%.

Геохимическая характеристика

Глинистые отложения баженовского горизонта являются наиболее изученными в разрезе по геохимическим параметрам. Изменение $C_{орг}$ наблюдается в пределах 0,58–16,9%, в отдельных образцах достигает значений свыше 20%. Отложения баженовской свиты обладают высоким нефтегенерационным потенциалом и оптимальными условиями для генерации нефтяных УВ. Пиролитический параметр T_{max} изменяется от 421 до 472 °С, что соответствует диапазону активной генерации нефти. Также на высокую генерационную способность отложений указывает величина нефтегенетического

потенциала, достигающая 114,44 мг УВ/г породы.

Диапазон изменчивости стадий катагенетического преобразования от ПК1 до МК4 (Конторович и др., 1998). Наиболее преобразовано ОВ на севере бассейна. В его центральной части отложения находятся в оптимальных условиях для генерации нефти. На краевых участках градация катагенеза соответствует начальному этапу нефтеобразования.

Отложения баженовского горизонта находятся в главной зоне нефтеобразования, стадии катагенетической преобразованности варьируют в широких пределах, однако, большая часть отложений находится на пике генерации нефтяных УВ.

Нефтегазоносность

Первый промышленный приток нефти из глинистых битуминозных отложений баженовской свиты получен в 1968 г. на Салымской площади. Здесь в скважине 12-Р был получен фонтан нефти дебитом 700 м³/сут (Нефтегазоносность, 1987).

Продуктивность свиты связана с коллекторами трех основных типов: (1) тонколистоватыми кремнисто-глинистыми разностями, (2) кавернозно-трещиноватыми карбонатными породами и (3) песчаными линзами в составе глинистой толщи, известные в литературе как «аномальные разрезы баженовской свиты».

Для первого типа распространение нефтяных залежей и нефтепроявлений контролируется зоной высокого, от 5% до 25%, содержания органического сапропелевого вещества в породе и областью повышенных тепловых потоков – более 60 Вт/м² (Брехунцов, Нестеров, 2011).

Для второго типа коллекторов, кроме перечисленных, определяющим фактором является процентное содержание карбонатных разностей.

Аномальные разрезы представляют собой линзовидные тела субмеридионального простирания. В керне характерны текстуры оползания осадка. Геологические тела контролируются палеогеоморфологически и на временных разрезах фиксируются по разрыву оси синфазности опорного отражающего горизонта «Б» (Нежданов и др., 1985).

Порода, слагающая баженовскую свиту, имеет сложные емкостные и фильтрационные характеристики, залегает в условиях аномально высокого пластового давления и повышенной температуры.

Наибольший нефтяной потенциал содержится на территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югры, где начальные суммарные геологические ресурсы нефти

баженовской свиты утверждены в объеме 11 млрд т (3 млрд т – извлекаемых). Мировым энергетическим агентством потенциальные геологические ресурсы нефти в баженовской свите в целом по провинции оценены в объеме 140 млрд т (извлекаемые – 20 млрд т). Это повторяет оценки ЗапСибНИГНИ 1979 и 1984 гг.

Причиной значительных расхождений в оценках является отсутствие научно обоснованных методов определения объемов, фильтрационно-емкостных свойств коллекторов, параметров насыщения.

Залежи нефти в баженовской свите и ее аналогах в государственном балансе запасов, по состоянию на 01.01.2013 г., учтены по 92 месторождениям Западной Сибири. Геологические/извлекаемые запасы по ним по категории ABC_1 составляют 1227,0/289,8 млн т, по категории C_2 – 1025,0/227,3 млн т. Основные разведанные и предварительно оцененные запасы находятся на территории ХМАО, где выявлено 80 месторождений с геологическими/извлекаемыми запасами нефти по категории ABC_1 1207,6/287,2 млн т, C_2 – 986,9/218,2 млн т. В ЯНАО выявлено 5 месторождений с геологическими/извлекаемыми запасами нефти по категории ABC_1 3,0/0,6 млн т, C_2 – 16,8/3,3 млн т. На юге Тюменской области выявлено 6 месторождений с геологическими/извлекаемыми запасами нефти по категории ABC_1 16,4/2,0 млн т, C_2 – 21,3/5,7 млн т. Одно месторождение выявлено в Томской области с геологическими/извлекаемыми запасами нефти по категории ABC_1 0,2/0,1 млн т, C_2 – 0,3/0,2 млн т.

Объем текущих запасов нефти относительно небольшой, однако, расчет показывает, что при 3% темпе отбора от текущих разведанных запасов и при коэффициенте перевода категории C_2 в C_1 в объеме 0,5 возможно извлекать из баженовских отложений Западной Сибири дополнительно не менее 12 млн т нефти в год.

Более 80% разведанных запасов баженовской свиты в ХМАО (ABC_1) приходится на Салымское месторождение. Основная доля запасов находится в нераспределенном фонде недр. Залицензированы только 18% извлекаемых запасов категории ABC_1 и 32% по категории C_2 .

Запасы нефти в баженовской свите числятся на балансе Роснефти, Сургутнефтегаза, ЛУКОЙЛа, Славнефти, Русснефти и Газпром нефти.

За все годы разработки месторождений из баженовских отложений было добыто около 7,5 млн т нефти. В настоящее время из баженовской свиты добывается чуть более полумиллиона тонн нефти в год, в том числе 380 тыс. т. – Сургутнефтегазом, 100 тыс. т –

Лукойлом, 70 тыс. т – Роснефтью. Эти нефтяные компании в течение многих лет проводят работы по изучению баженовской свиты с целью определения методик оценки ресурсов и подсчета запасов углеводородов, обоснования параметров проектирования строительства скважин, гидротермовоздействия на пласт, проведения ГРП и других геолого-технологических мероприятий. Однако, полученные результаты остаются строго конфиденциальными. Между тем, разработка запасов баженовской нефти в промышленных объемах будет затруднена без обобщения всего накопленного опыта по освоению сланцевой нефти.

Как показывает опыт разработки баженовских отложений в Западной Сибири, значительный процент пробуренных скважин дает приток не более 1 м³/сут. Небольшая доля скважин имеет суточные дебиты, превышающие 10 м³, при этом период их эксплуатации ограничивается 5–7 годами. Единичные скважины дают высокие дебиты при значительном числе бесприточных скважин. Основными причинами незначительных дебитов из баженовских отложений являются невыдержанность продуктивных отложений по площади, наличие высокого содержания пластичных и водочувствительных глин в коллекторе, низкая проницаемость порового пространства, наличие нефти в замкнутых порах.

Необходимый комплекс научно-исследовательских и опытно-методических работ

Освоение запасов нефти в баженовской свите требует значительных капитальных затрат и связано с повышенным инвестиционным риском. В связи с этим актуальной является разработка единой программы по освоению запасов баженовской свиты. Данное направление в развитии нефтяной отрасли России находится в стадии предпроектного анализа и оценки целесообразности начала промышленных объемов добычи.

Необходимо создание единой базы геолого-промысловых данных по баженовской свите, обобщающих накопленные информацию и производственный опыт, создание геологической модели и уточнение на ее основе ресурсной базы, обоснование технико-экономической модели разработки. История изучения нефтеносности и оценки промышленной значимости отложений баженовской свиты насчитывает почти полвека, но вопросы ее строения, генезиса природного резервуара, типа коллектора, морфологии залежей, величины запасов и методов их рациональной разработки до сих пор не решены. В связи с этим комплекс научных исследований должен включать следующие виды работ:

- создание опорных разрезов, выделение литотипов и литофациальное районирование;
- картирование и районирование по термобарическим характеристикам;
- определение и картирование содержания органического углерода (по керну) и параметра естественной радиоактивности (по ГИС);
- выделение, трассирование и картирование распространения зон аномальных разрезов по данным керна, ГИС и сейсморазведки;
- разработка методики определения подсчетных параметров по ГИС (пористость, проницаемость, нефтенасыщенность, трещиноватость);
- анализ, картирование и районирование по свойствам УВ флюидов;
- анализ площадного распространения и районирование баженовских отложений по типам органического вещества;
- анализ и районирование характеристик волнового поля в комплексе с геолого-геохимическими параметрами;
- обоснование методики подсчета запасов и оценки ресурсов;
- разработка эффективных технологий разработки нефти глинистых сланцев.

Необходима постановка опытно-методических работ на пилотных участках по ряду направлений. Первое связано с отработкой различных методик сейсморазведки с целью прогноза площадного распространения высокопродуктивных зон в баженовской свите. Второе направление касается отбора и аналитических исследований керна с целью определения литолого-минералогических и емкостных характеристик пород. Необходима постановка работ по обоснованию наиболее эффективного комплекса промыслово-геофизических исследований скважин, а также постановка комплексных исследований керна и интерпретации геофизических исследований в скважинах с целью определения работающих интервалов и подсчетных параметров. Важнейшим направлением работ является отработка технологических полигонов по обоснованию оптимальных условий вскрытия баженовского горизонта, конструкции скважин и методов освоения нефтяных залежей в карбонатно-кремнисто-глинистых толщах.

Заключение

Масштаб запасов и ресурсов УВ сырья, а также развитая инфраструктура на территориях, где сосредоточены выявленные залежи, позволяют рассматривать баженовскую свиту одним из реальных источников для поддержания уровней нефтедобычи.

Начало промышленной разработки запасов нефти глинистых сланцев в Западной Сибири позволит снизить темпы падения добычи на эксплуатируемых истощающихся месторождениях.

Разработка запасов баженовской нефти будет обладать значительным социальным эффектом, связанным с сохранением занятости населения и социальной стабильностью в городах, ориентированных на добычу нефти.

По минимальным экспертным оценкам, уровень годовой добычи нефти из баженовской свиты Западной Сибири может составить 18–20 млн т. По максимальной оценке, с учетом развития и успешной апробации технологий разработки глинистых сланцев, добычный потенциал баженовской свиты оценивается в объеме до 80 млн т нефти в год.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Брадучан Ю.В., Гурари Ф.Г., Захаров В.А.* и др. Баженовский горизонт Западной Сибири (стратиграфия, палеогеография, экосистема, нефтеносность). Новосибирск: Наука, 1986. 216 с.
2. *Брехунцов А.М., Нестеров И.И.* Нефть битуминозных глинистых, кремнисто-глинистых и карбонатно-кремнисто-глинистых пород // Горные ведомости. 2011. № 1. С. 28-39.
3. Геология нефти и газа Западной Сибири. М.: Недра, 1975. 680 с.
4. *Гурари Ф.Г.* Геология и перспективы нефтегазоносности Обь-Иртышского междуречья. М.: Гостоптехиздат, 1959. 174 с.
5. *Конторович А.Э., Меленевский В.Н., Занин Ю.Н.* и др. Литология, органическая геохимия и условия формирования основных типов пород баженовской свиты (Западная Сибирь) // Геология и геофизика. 1998. Т. 39, № 11. С. 1477-1491.
6. *Нежданов А.А., Туманов Н.Н., Корнев В.А.* Аномальные разрезы баженовской свиты и их сейсмогеологическая характеристика // Сейсморазведка для литологии и стратиграфии: Тр. ЗапСибНИГНИ. Тюмень. 1985. С. 64-71.
7. *Нестеров И.И., Ушатинский И.Н., Малыхин А.Я.* и др. Нефтегазоносность глинистых пород Западной Сибири. М.: Недра, 1987. 256 с.
8. *Филина С.И., Корж М.В., Зонн М.С.* Палеогеография и нефтеносность баженовской свиты Западной Сибири. М.: Наука, 1984. 36 с.