

## Литература

1. Запивалов Н.П., Исаев Г.Д. Критерии оценки нефтегазоносности палеозойских отложений Западной Сибири // Вестник Томского государственного университета, 2010. – №341. – С. 226 – 232.
2. Исаев Г.Д. Геологическая, палеогеографическая модели палеозоя Западно-Сибирской плиты и перспективы его нефтегазоносности // Вестник Томского государственного университета, 2010. – №341. – С. 24 – 30.
3. Палеозой Западной Сибири: региональная модель геологического строения и нефтегазоносность / В.А. Конторович, Л.М. Калинина, Д.В. Аюнова и др. // Интерэкспо Гео-Сибирь, 2015. – №1. – Том 2. – С. 79 – 83.

### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ КЕРНА БАЖЕНОВСКОЙ СВИТЫ ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ КОЛЛЕКТОРОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОДСЧЕТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЗАПАСОВ И РЕСУРСОВ

Е.А. Мануилова

Научный руководитель доцент Г.А. Калмыков

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

Породы баженовской свиты, распространенные в Западно-Сибирском нефтегазовом бассейне, характеризуются особыми условиями формирования, изменяющимся по латерали литологическим составом и повышенным содержанием органического вещества. Данные отложения из-за их специфичности относят одновременно и к нефтематеринским породам, и к коллекторам. В настоящее время добыча нефти из пород баженовской свиты является одним из наиболее приоритетных направлений для восполнения ресурсной базы нефтяной отрасли России [1]. Вследствие этого повышенный интерес уделяется определению основных параметров данных отложений на керне, а также выделению интервалов естественных коллекторов, содержащих подвижную извлекаемую нефть и обеспечивающих приток нефти из пласта в скважину без дополнительных геолого-технических мероприятий. Получаемые параметры могут быть использованы в качестве подсчетных для оценки запасов и ресурсов нефти в отложениях баженовской свиты.

Для определения данных параметров необходимо провести комплекс аналитических исследований. На основании накопленного опыта по исследованию образцов керна и комплексного анализа полученных результатов была разработана методика исследования керна пород баженовской свиты, позволяющая выявить интервалы естественных коллекторов нефти и определить основные характеристики пород. Методика включает измерения фильтрационно-емкостных свойств и основных петрологических параметров (S1, S2, TOC) до и после экстракции, исследования по изучению вещественного состава и строения пород, а также специальные методы исследования, такие как сканирующая электронная микроскопия, ядерно-магнитный резонанс, томография.

Основным свойством пород-коллекторов является наличие пустотного пространства, заполненного подвижными флюидами. По результатам исследований керна была предложена модель порового пространства и насыщающих флюидов для пород баженовской свиты (рис. 1), которая объясняет необходимость выполнения ряда исследований для определения основных подсчетных параметров. Модель включает свободные подвижные углеводородные соединения сообщающихся пор, заполняющие динамическое поровое пространство; свободные неподвижные углеводородные соединения замкнутых пор и сообщающихся пор, запечатанных смолисто-асфальтеновыми компонентами; углеводородные соединения, сорбированные (физически связанные) на поверхности сообщающихся и замкнутых пор; воду, физически связанную с поверхностью глинистых минералов; воду капилляров с гидрофильной поверхностью [2].

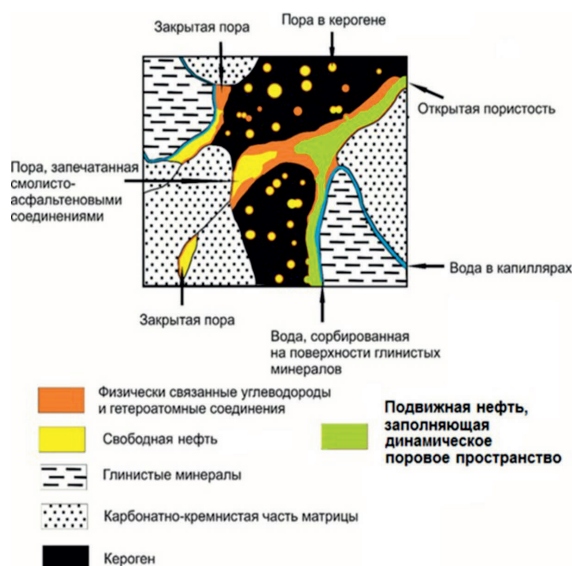


Рис. 1. Модель порового пространства и насыщающих флюидов для пород баженовской свиты

Согласно разработанной методике исследований керна на первом этапе проводят измерение пористости и проницаемости по газу (азот) на стандартных цилиндрических образцах 30×30 см. В результате получают значения динамической пористости и абсолютной газопроницаемости, которые описывают пространство, свободное от подвижных флюидов. При оценке подсчета запасов и ресурсов необходимо учитывать пористость в пластовых условиях. Для этого оценивают относительное изменение значения динамической пористости по керосину. Измеренная пористость в пластовых условиях будет равна значению пористости в лабораторных условиях минус изменение величины пористости при переходе от лабораторных к пластовым условиям.

Для выделения естественных коллекторов использовали пороговое значение пористости, равное 3%. Оно было выбрано на основании сопоставления значений дебитов скважин с значениями динамической пористости для данных скважин (рис. 2). Как видно из рисунка, для пород с низкими значениями динамической пористости (менее 3%) притока в скважинах не наблюдалось. При динамической пористости 3-6% в среднем дебиты изменяются от 0,1 м<sup>3</sup>/сутки на метр до 0,5 м<sup>3</sup>/сутки на метр, а при значении динамической пористости выше 6% были получены существенные притоки, значения дебита достигали 30,0 м<sup>3</sup>/сутки на метр. Таким образом, значение динамической пористости, равное 3%, является пороговой отметкой, разделяющей естественные и технически стимулируемые коллекторы. Информацию о распределении естественных коллекторов по разрезу можно получить, используя пластовые испытатели и промыслово-геофизические исследования (ПГИ). Эти методы позволяют напрямую определить приточные интервалы.

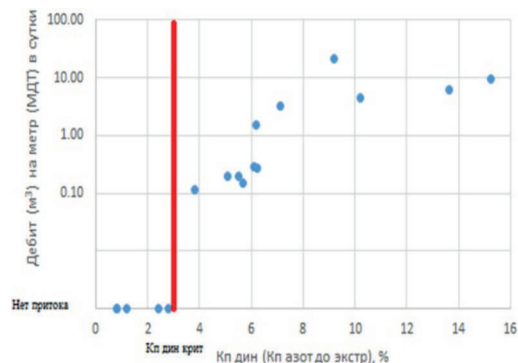


Рис. 2. Дебиты, полученные из скважин с различным значением пористости

На втором этапе проводят пиролитические исследования для определения стадии катагенеза, количества органического вещества и сорбированных углеводородных соединений в породе, а также генерационного потенциала. В результате измерения до экстракции получают исходные значения параметров S1, S2, TOC. Установлено, что значения PI выше 0,2-0,25, HI выше 200 мг УВ/г TOC и OSI более 100 соответствуют повышенному нефтенасыщению образца и могут служить геохимическим признаком

наличия естественного коллектора. Исследования образцов после экстракции органическими растворителями позволяют определить количество сорбированных УВС (по изменению параметров S1 и S2 до и после экстракции), а также оценить генерационный потенциал (S2 после экстракции), из которого может быть получена нефть или синтетическая нефть (в случае воздействия на пласт высокими температурами).

Дальнейшие исследования направлены на изучение вещественного состава пород. Для этого проводят изучение петрографических шлифов, по данным рентгенофлуоресцентного, рентгенофазового и пиролитического методов рассчитывают минерально-компонентный состав твердой фазы, который можно скорректировать с помощью метода сканирующей электронной микроскопии. Комбинирование литологических исследований с определением пористости позволило установить приуроченность естественных коллекторов к четырем литологическим типам пород: кремнистые и карбонатно-кремнистые породы, где радиолярии являлись источником биогенного кремнезема; глинисто-кремнистые и кероген-глинисто-кремнистые породы, где органическое вещество находится на высокой стадии катагенеза и обладает керогеновой пористостью; фосфоритовые породы; карбонаты слоя КС (карбонатные бактериальные образования с брекчиевидной структурой, часто кавернозные, приуроченные к нижней части баженовской или кровле абалакской свиты).

Исследования типа порового пространства, структуры и сообщаемости пор проводят, используя растровую электронную микроскопию (в том числе и с фокусированным ионным пучком) и рентгеновскую микротомографию. Сравнение результатов ЯМР насыщенных керосином образцов с ЯМК скважин позволило показать, что данное пространство в породах насыщено нефтью. В результате были выделены четыре типа пустотного пространства: порово-микрокавернозный тип и межкристаллическое пустотное пространство, преобладающее в кремнистых, карбонатно-кремнистых и фосфоритовых породах, трещинно-каверновый тип в породах слоя КС, внутрикерогеновое пустотное пространство преимущественно в глинисто-кремнистых породах, находящихся на стадии катагенеза выше МКЗ.

Комплексирование данных методов исследования позволяет выявить естественные и технически стимулируемые коллекторы в породах баженовской свиты и определить их основные параметры. В дальнейшем полученные результаты можно использовать для построения геологических моделей баженовской свиты и бассейнового моделирования, для моделирования протекания различных процессов в пласте (развитие трещин при ГРП, прогрев пласта), создания методик специального воздействия на пласт с целью повышения нефтеотдачи.

Апробация представленной методики исследования керн баженовской свиты была применена на нескольких месторождениях центрального района Западной Сибири. В результате на всех скважинах были определены основные параметры для оценки подсчета запасов и ресурсов нефти, а также в нескольких скважинах выявлены интервалы естественных коллекторов, которые при перфорации дали притоки нефти.

#### Литература

1. Баженовская свита. Общий обзор, нерешенные проблемы / И.С. Афанасьев, Е.В. Гаврилова, Е.М. Бирун, Г.А. Калмыков, Н.С. Балущкина // Научно-технический вестник ОАО «НК «Роснефть». – М., 2010. – № 5. – С. 20 – 25.
2. Калмыков Г.А. Строение баженовского нефтегазоносного комплекса как основа прогноза дифференцированной нефтепродуктивности // Дисс. на соиск. уч. степени доктора геол.-мин. наук: 25.00.12. – М.: МГУ им. М. В. Ломоносова, 2016. – 391 с.