БАЖЕНОВСКАЯ СВИТА КАК НЕТРАДИЦИОННЫЙ ИСТОЧНИК УГЛЕВОДОРОДОВ

© Калачева Д.Ю.[1]
РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, г. Москва

Доказанная нефтеносность верхнеюрских отложений баженовской свиты Западной Сибири делает актуальной проблему поиска новых зон локализации углеводородов как в самой свите, так и в подстилающих и перекрывающих отложениях. Поскольку отложения баженовской свиты являются нефтематеринскими с активно протекающими процессами нефтегазообразования, то освоение такого вида ресурсов требует новых геологических и технологических подходов.

Ключевые слова: баженовская свита, углеводородные системы, нетрадиционные источники углеводородов, органическое вещество, кероген, пиролиз, нефтематеринская порода, Западная Сибирь, резервуар.

Введение. В современных условиях основу топливно-энергетического баланса России составляют нефть, природный газ и уголь. Углеводородное сырье имеет стратегическое значение для обеспечения энергетической независимости и экономики страны как в настоящее время, так и в долгосрочной перспективе. Объективная необходимость вовлечения нетрадиционных источников УВ в топливно-энергетический баланс диктуется очевидной исчерпаемостью традиционных источников углеводородов (УВ) и наличием предпосылок выявления значительных объемов ресурсов нефти и газа[1].

В качестве равнозначной альтернативы рассматривается освоение арктического шельфа и огромного потенциала самой большой в мире сланцевой формации – баженовской свиты, которая распространена практически по всей Западной Сибири, площадью более 1 млн. км^2. С породами баженовской свиты генетически связаны более 80 % общей массы геологических ресурсов нефти Западной Сибири [2].

Мировыми аналогами БС являются такие сланцевые формации, как: Bakken (США), Eagle Ford (США), Barnett (США), Woodford (США), доманик (Волго-Уральский бассейн), Green River (США), Haynesville (США).

Краткая характеристика баженовского горизонта. Баженовская свита – регионально распространенная на территории Западно-Сибирского

[1] Магистрант базовой кафедры Технологий повышения нефтеизвлечения для объектов с осложненными условиями.

нефтегазаносного бассейна нефтематеринская порода. Отложения БС приурочены к названию одноименного горизонта. Высокоуглеродистая БС Западной Сибири площадью около 1 млн. км^2, мощностью, в среднем, около 30 м накапливалась в течение волжского и начале берриасского веков. Отложения БС формировались в относительно глубоководном эпиконтинентальном Западно-Сибирском море [3].

Битуминозные верхнеюрские отложения привлекли внимание исследователей уже на первых порах изучения нефтегазоносности Западно-Сибирской равнины. Баженовскую свиту как самостоятельное литостратиграфическое подразделение выделил Ф.Г. Гурари в 1959 г. в составе марьяновской свиты [4]. Первая опытно-промышленная эксплуатация БС началась в 1974 г. на опытном участке Салымской площади. Одни скважины, пробуренные на этой площади, давали высокие фонтанирующие притоки (до 700 т/сутки), а другие не давали значимых притоков вообще. Такая нестабильность по получению дебитов объясняется сложностью геологического строения БС. К решению проблем нефтеносности БС было подключено множество научных коллективов страны.

Нефтеносность баженовской свиты. В баженовской свите нефть образуется за счет органического вещества (ОВ), которое является одним из породообразующих компонентов. Если в традиционных резервуарах нефть мигрирует из нефтегазоматеринской породы (НГМП), постепенно заполняя ловушку, то отложения баженовской свиты являются, собственно, нефтематеринскими. В отложениях присутствуют одновременно: кероген (нерастворимая часть ОВ), УВ соединения, физически связанные с минеральной матрицей породы или керогеном, а также свободные УВ, которые при определенных условиях могут мигрировать во вмещающие отложения, скапливаться в ловушках, с которыми связаны традиционные залежи. Однако другая часть нефти остается в пустотном пространстве самой НГМП (в порах керогена, слабосвязанных или изолированных порах минеральной матрицы) и тоже представляет собой ресурс, который можно добывать. Еще одной важной особенностью НГМП является наличие керогена, который не реализовал свой генерационный потенциал (способность при определенных условиях генерировать УВ) и тяжелых продуктов его преобразования (полициклические УВ, смолисто-асфальтеновые соединения), которые из-за высокой молекулярной массы не имеют подвижности и остаются адсорбированными керогеном. Именно этим объясняется необходимость создания нетрадиционного подхода к изучению, оценке потенциала ресурсов УВ БС.

Концепция УВ систем. Если рассматривать БС с точки зрения УВ систем, то БС можно выделить как самостоятельную, нетрадиционную УВ систему.

Под УВ-системой понимается совокупность пространственно-временных геологических и геохимических факторов, обусловивших возможность генерации, миграции и аккумуляции УВ (Мурзин Ш.М., 2010). Концепция УВ систем подразумевает изучение генезиса УВ в масштабах бассейна. Возраст УВ системы – это возраст нефтематеринской породы. Соответственно, главным объектом исследования также считается нефтематеринская порода и ее характеристики (возраст, тип керогена, термическая зрелость и т.д.).

В западной терминологии есть также термин «Play», который близок по смыслу, но не тождественен по значению термину «УВ система». По мнению C. Cornford (2005), отличия этих двух концепций обусловлены, в основном, объектом и методикой исследований.

При изучении современных закономерностей размещения залежей УВ по площади и разрезу с точки зрения формирования ловушек и резервуаров используется Play Concept, т.е. основным объектом исследований являются существующие залежи УВ в пределах обособленного элемента бассейна. Границы Play определяются предполагаемой областью развития качественного коллектора (или комплекса коллекторов). Концепция Play подразумевает не генетический подход, а нахождение областей распространения коллектора, определение его возраста и состава, а также локализацию зон, где могут находиться залежи одного типа. Возраст Play – это возраст резервуара. Главный объект изучения – резервуары.

Относительно БС, корректно использовать термин «УВ система». Термин «УВ система» подразумевает совокупность процессов генерации нефти и газа в нефтегазоматеринской породе (НГМП), последующей эмиграции и миграции образующихся УВ, формирования скоплений нефти и условий ее сохранности. Элементами традиционной УВ системы является, резервуар и ловушка, в которую мигрируют УВ из НГМП, каналы миграции УВ.

Нетрадиционная система характеризуется отсутствием ловушки, водонефтяного контакта; аномально высоким поровым давлением (АВПД); высоким содержанием органического вещества (ОВ); низкой проницаемостью.

Основными параметрами, которыми можно охарактеризовать нетрадиционные источники УВ типа БС, являются:

– TOC (total organic carbon) – содержание органического углерода в породе;

– S_1, мгУВ/г породы – количество УВ, образующихся при нагревании до 300 °С, данные УВ находятся в свободном состоянии в породе;
– S_2, мгУВ/г породы – количество УВ, образующихся при нагревании от 300 °С до 600 °С, которые образуются за счет деструкции керогена;
– $T_{мах}$ – температура выхода максимума пика S_2, характеризует термическую зрелость НГМП.

Величина пика S_2 характеризует остаточный генерационной потенциал НГМП, т.е. то количество УВ, которое еще может сгенерировать данная порода при определенных условиях. Стоит также отметить, что при хорошо выраженном пике S_2 значения параметра $T_{мах}$ будут достоверными. Также на основании пиролитических данных рассчитываются такие показатели, как:

– $HI = S_2 / TOC \cdot 100$ – водородный индекс, в мг УВ/г ТОС, характеризующий генерационный потенциал и тип ОВ;
– $OI = S_3 / TOC \cdot 100$ – кислородный индекс, в мг CO_2/г ТОС, показывает количество CO_2 относительно органического углерода;
– $PI = S_1 / (S_1 + S_2)$ – индекс продуктивности (преобразованности).

С ростом катагенеза количество свободных УВ (S1) постепенно увеличивается, а УВ (S_2), получаемых из керогена в результате пиролиза, снижается. Соответственно величина PI возрастает. Значение PI > 0,5 считается признаком промышленной нефтеносности отложений [5]. При значениях PI, лежащих в интервале 0,1-0,4 НГМП порода вошла ГЗН.

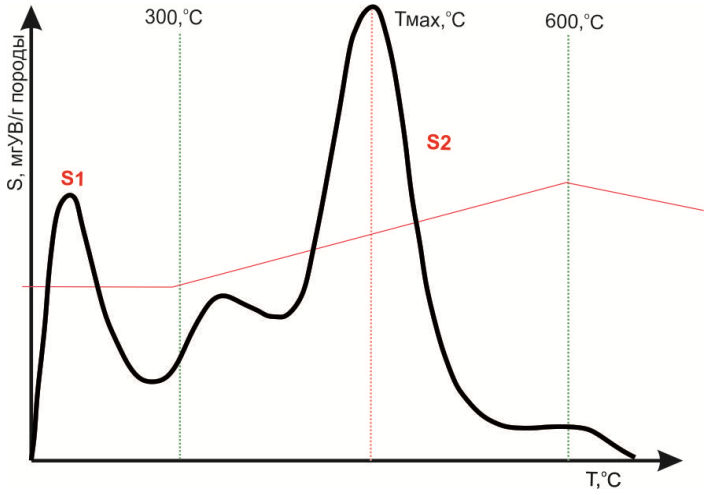


Рис. 1. Схематичное изображение выхода основных пиков при пиролизе

Данные параметры определяются на основании пиролитических исследований образцов пород (рисунок 1).

Заключение. Баженовская свита – это огромный ресурсный потенциал углеводородов, который требует нетрадиционных методов изучения, разработки и оценки запасов. Поэтому развитие направления по исследованию баженовской свиты как нетрадиционной УВ системы позволит существенно расширить подходы по оценке перспектив ресурсов БС, максимально точно прогнозировать локализацию зон скопления углеводородов, а также комплексировать данные геохимии с бассейновым моделированием.

Список сокращений:

УВ – углеводороды;
БС – баженовская свита;
НГМП – нефтегазоматеринская порода;
НМП – нефтематеринская порода;
ОВ – органическое вещество;
ОПР – опытно-промышленные работы;
АВПД – аномально высокое поровое давление;
Сорг – содержание органического углерода;
TOC (total organic carbon) – содержание органического углерода;
ГЗН – главная зона нефтеобразования;

Список литературы:

1. Прищепа О.М. Нефть и газ низкопроницаемых сланцевых толщ – резерв сырьевой базы углеводородов России. – Библиотека ВНИГРИ.

2. Алексеев А.Д. Баженовская свита: в поисках большой сланцевой нефти на Верхнем Салыме // Russian oil and gas technologies. – № 34. – С. 15-39.

3. Конторович А.Э., Нестеров И.И., Салманов Ф.К. Геология нефти и газа Западной Сибири. – М.: «Недра», 1975. – 680 с.

4. Брадучан Ю.В., Гурари Ф.Г., Захаров В.А. и др. Баженовский горизонт Западной Сибири (стратиграфия, палеогеография, экосистема, нефтеносность). – Новосибирск: Наука, 1986. – 217 с.

5. Фомин А.Н. Катагенез органического вещества и нефтегазоносность мезозойских и палеозойских отложений Западно-Сибирского мегабассейна. – Новосибирск: ИНГГ СО РАН, 2011. – 331 с.

6. Баженова О.К., Бурлин Ю.К., Соколов Б.А., Хаин В.Е. Геология и геохимия нефти и газа. – М.: Издательство Московского университета; Издательский центр «Академия», 2004. – 415 с.

7. Морозов Н., Беленькая И., Касьяненко А., Бодрягин С. Оценка ресурсного потенциала на основе 3D бассейнового моделирования углеводородной системы баженовской свиты. SPE-182073-RU.

8. Мазур В.М. Условия формирования баженовской свиты // Сборник трудов ИГиРГИ Нефтеносность баженовской свиты Западной Сибири. – 1980. – С. 183.