



Геохимическая детализация генетических особенностей органического вещества баженовской свиты

Пуланова С.А.

Институт проблем нефти и газа РАН, г. Москва; pulanova@mail.ru

В статье-докладе рассмотрены два аспекта научного и практического интереса к отложениям баженовской свиты Западной Сибири: 1) генетические особенности органического вещества (ОВ) свиты, которые проливают свет на её нефтегенерационный потенциал, и 2) обогащенность баженовских сланцев промышленно рудными, но потенциально токсичными элементами. Двойственный характер свиты, а именно совмещение коллекторских (вместилище нефти) и генерационных (генераторы) свойств дает нам такую возможность.

Генерационные свойства баженовских отложений. Актуальность изучения и повышенный интерес к отложениям баженовской свиты верхнеюрско–нижнемелового возраста вполне закономерен и связан с ее известной уникальностью (ресурсами нефти) и необходимостью уточнения перспектив нефтегазоносности свиты на большей части территории бассейна. Относительно высокая степень изученности свиты не привела к однозначности в суждениях о происхождении в ней углеводородов (УВ) нефтяного ряда и закономерностях их пространственного размещения (Пуланова, Шустер, 2019). Так, одна часть исследователей полагает, что нефти баженовской свиты сингенетичны ОВ её пород. Другие авторы считают нефти в свите эпигенетичными за счет вторичного их поступления из нижележащих отложений в зоны повышенной трещиноватости. Существование разных взглядов на источник нефти еще более повысило научный и практический интерес к проблеме нефтегазоносности баженовской свиты, в частности, к геохимическим аспектам происхождения в них УВ. Свита в центральной части бассейна имеет очень пестрое строение и представлена (снизу вверх) кремнисто-глинистыми разностями, углеродистыми силикатами и кремнисто-карбонатными породами, содержание глинистого материала в

которых от 0 до 40%, карбонатно-кремнисто-глинистыми отложениями, а также черными углеродистыми аргиллитами. Отложения значительно обогащены $C_{орг}$ (до 10–15% на породу) и хлороформенным битумоидом (ХБ) (до 2% на породу). А.Э. Конторович и др. (2014) характеризуют эти породы как «карбонатно-глинисто-кероген-кремнистые». К окраинам бассейна седиментации в отложениях появляется примесь песчаного материала, и их битуминозность существенно снижается.

Поиск в разрезах осадочных толщ нефтематеринских свит и их диагностика является необходимым этапом оценки перспектив нефтегазоносности осадочных бассейнов. Сходство нефтей и сингенетичных ХБ пород по распределению УВ и микроэлементов (МЭ) может свидетельствовать об участии толщ в процессах нефтеобразования. Эффективный способ выявления сингенетичной составляющей был применен и рекомендован нами при изучении источников нефтеобразования в отложениях баженовской свиты Западной Сибири. Для снятия фона вторичной битуминозности проведен мягкий термолит предварительного дебитуминизированных пород (до 300°C) из скважин Салымской площади (Чахмахчев, Пуланова, 1992). Сопоставление состава нефтей и экстрактов ХБ пород по МЭ и УВ показателям в процессе эксперимента, сравнение распределения содержания ванадия (V) и ванадилпорфиринов (Vp) в нефтях и битумоидах на площади распространения баженовских отложений (Рис. 1), позволили выделить зоны первичной сингенетичной битуминозности и зоны вторичной эпибитуминозности. В пределах зон с аномально низкими содержаниями V и Vp или их полным отсутствием в битумоидах пород (эпигенетичный ХБ), происходило смешение битумоидов баженовской свиты (с невысокими стадиями преобразования MK_{1-2}) с битумоидами, образовавшимися в

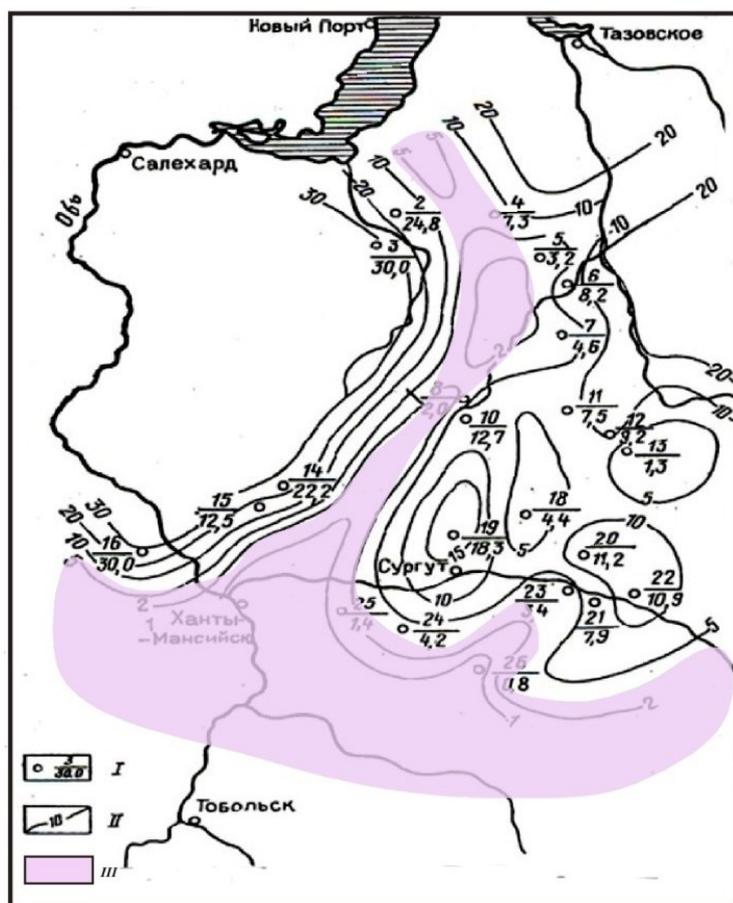


Рис. 1. Схема распределения содержания ванадия в ОБ пород баженовской свиты Западной Сибири I – площади отбора керн (числитель) с указанием содержания V ($n \times 10^{-2}\%$) в ОБ пород (знаменатель); II – изолинии содержания V в ОБ пород; III – зона anomalно низких содержаний V.

более глубоких горизонтах при более высоких палеотемпературах (МК₂₋₃). В результате проведения такого эксперимента сделан важный с геологической точки зрения вывод о том, что сингенетичное ОБ пород баженовской свиты не являлось источником промышленной нефтеносности не только на Салымской площади, но и на территории всей зоны эпигенетичных битумоидов. Иными словами, приведенные данные подтверждают возможный подток жидких УВ из нижележащих отложений юры (васюганской и тюменской свит), триаса и палеозоя, способных быть генератором высокой продуктивности всего юрского и нижележащего разреза. Протягивается зона эпигенетичных битумоидов через Юганскую впадину, Колтогорский прогиб, Салымское поднятие и далее на северо-запад к полуострову Ямал. Территория высокопробранного ОБ соответствует распространению триасовых рифтов, гранитоид-

ных массивов и флюидопроводящих разломов в фундаменте (Конторович и др., 2008; Фомин, 2011).

Сланцевая нефть баженовских отложений. Многими практиками и учеными отмечались негативные экологические последствия процессов разработки сланцевых формаций и добычи из них нефтяных и газовых УВ. Так, при добыче сланцевой нефти и газа часто используют метод гидроразрыва пласта (ГРП), закачивая в скважину огромные количества химических реагентов – пропантов. Следствием этого являются предсказуемые экологические катастрофы: рост сейсмоактивности в связи с изменением структуры недр; загрязнение грунтовых вод, что напрямую связано с последующим заражением питьевой воды, поверхностных вод и почвы в местах непосредственной близости от добычи; выброс в атмосферу метана. Однако при разработке и добыче нефтегазовых ресурсов сланцевых формаций и, в частности, баженовской свиты, кроме всего перечисленного, необходимо учитывать большие содержания потенциально токсичных элементов (Fe, As, Be, Cl, Co, Cr, F, Hg, Mn, Ni, Pb, Sr, Sb, Se, Tl, V, Zn, U, Th, Rn и др.), концентрирующихся как в самих сланцах, так и добываемом из них УВ сырье (Punanova, Shpirt, 2018). Изучение пород баженовской свиты Западно-Сибирского бассей-

на (Занин и др., 2015) выявило в них повышенные концентрации ряда МЭ (в г/т): Au (0,035–0,02), Pt (0,013–0,005), Ni (336,7, что в 5,3 раза превышает встречающиеся значения в обычных глинистых породах), Mo (264,5, превышение в 9 раз), Co (30,3, превышение в 2,6 раза), U (66,5), Th (5,0), K (0,81). Исследованные баженовские отложения характеризуются наиболее высоким содержанием органического углерода и пирита, как показателями восстановительного режима, при пониженном содержании глинистого материала, и являются металлоносными.

Тепловое воздействие на пласт, увеличение давлений, закачка химических реагентов в ходе ГРП при большом количестве перфораций на протяженных горизонтальных участках может привести к высвобождению элементорганических соединений, возможному образованию газообразных соединений и их выбросу в окружающую среду. На фоне срав-

нительно высокой изученности свойств и последствий воздействия УВ на окружающую среду, практически без исследований остались многие МЭ, присутствующие в УВ сырье. Но около 15–20% добываемого УВ сырья уже содержат в своём составе МЭ в количествах, превышающих их безопасный уровень, и объёмы его добычи с годами возрастают. Наиболее миграционно-подвижные и летучие из них Hg, Cd, As и др. В числе прочно химически связанных в комплексные металлоорганические соединения – V, Ni, Co, Cr, Cu, Zn и другие элементы, биологически инертные в природной нефти и битумах, но активно опасные после техногенного, особенно высокотемпературного (>450°С), воздействия на сырьё. Поэтому содержания таких высокотоксичных и летучих элементов, как Cd, Hg, As, Se, Mo и др. необходимо оценивать на предварительных этапах разработки любых месторождений УВ, в том числе и сланцевых.

Стоит отметить, что само понятие о ловушках в традиционном привычном значении, как ограниченных накопителях УВ, не приемлемы к баженовским (да и любым, практически) сланцевым формациям. В мировой литературе такие «собиратели» нефти носят название «протяженных» или «непрерывных» резервуаров (continuous reservoirs). Они представляют собой «тонкие» длинные, большой протяженности, но малой мощности структуры, в которых продуктивность «протяжённого» резервуара-залежи не контролируется традиционными структурными или литолого-стратиграфическими ограничениями, а лишь условными «линиями» (Dolson et al., 2016).

Заключение. Таким образом, в работе показано, что баженовская свита являлась не единственным источником высокой продуктивности разреза; вероятно, в генерации УВ участвовало ОВ более высокопрогретых глубоководных отложений нижней юры и палеозоя. При разработке и добыче УВ в баженовской черносланцевой формации необходим комплексный подход, направленный на извлечение ценных промышленно-значимых металлов и проведение экологической экспертизы с целью воспрепятствовать

попаданию токсичных элементов в окружающую среду и в буровое оборудование.

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме: «Развитие научно-методических основ поисков крупных скоплений УВ в неструктурных ловушках комбинированного типа в пределах платформенных нефтегазоносных бассейнов», АААА-А19-119022890063-9.

Литература

- Занин Ю.Н., Замирайлова А.Г., Эдер В.Г. Закономерности распределения некоторых элементов в различных типах пород баженовской свиты // Матер. всеросс. науч.-практич. конф. «Черные сланцы: геология, литология, геохимия, значение для нефтегазового комплекса, перспективы использования как альтернативного углеводородного сырья». Якутск: Ахсаан, 2015. С. 128–132.
- Конторович А.Э., Бурштейн Л.М., Казаненков В.А., Конторович В.А., Костырева Е.А., Пономарева Е.В., Рыжкова С.В., Ян П.А. Баженовская свита – главный источник ресурсов нетрадиционной нефти в России // Георесурсы, геознергетика, геополитика. 2014. Вып. 2(10). http://oilgasjournal.ru/vol_10/kontorovich.html
- Конторович А.Э., Фомин А.Н., Красавчиков В.О., Истомин А.В. Катагенез органического вещества мезозойских и палеозойских отложений Западной Сибири // Литологические и геохимические основы прогноза нефтегазоносности. СПб: ВНИГРИ, 2008. С. 68–77.
- Пуланова С.А., Шустер В.Л. Новые данные о геолого-геохимических особенностях нефтегазоносности домеловых отложений севера Западной Сибири // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2019. № 1. С. 4–11.
- Фомин А.Н. Катагенез органического вещества и перспективы нефтегазоносности осадочных отложений триаса Западно-Сибирского мегабассейна // Горные ведомости. 2011. № 9. С. 11–15.
- Чахмачев В.А., Пуланова С.А. К проблеме диагностики нефтематеринских свит на примере баженовских отложений Западной Сибири // Геохимия. 1992. № 1. С. 99–109.
- Dolson John, He Zhiyong, Horn Brian W. Advances and Perspectives on Stratigraphic Trap Exploration-Making the Subtle Trap Obvious // Search and Discovery. 2018. Article #60054.
- Punanova S.A., Shpirt M.Ya. Ecological consequences of the development of shale formations containing toxic elements // Solid Fuel Chemistry. 2018. Vol. 52. No. 6. P. 396–405.

Geochemical detail of the genetic characteristics of the organic matter of the Bazhenovo formation

Punanova S.A.

Institute of Oil and Gas Problems of the Russian Academy of Sciences, Moscow; punanova@mail.ru

The paper reports on two aspects of scientific and practical interest in deposits of the Bazhenovo Formation of Western Siberia: genetic features of organic matter that shed light on its oil and gas potential, and enrichment with industrially ore, but potentially toxic, elements. It was shown that deposits of the Bazhenovo Formation were not the only source of high productivity of the section; probably in the generation of hydrocarbons, organic matter of more highly warmed, deeply submerged sediments of the Lower Jurassic and Paleozoic was involved. When developing and producing black shale formations like the Bazhenovo Formation, it is necessary to conduct an environmental impact assessment to prevent toxic elements from entering the environment.