

DOI: https://doi.org/10.17353/2070-5379/1_2020

УДК 622.276(571.1)

Немова В.Д.ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг», Москва, Россия, Varvara.Nemova@lukoil.com

КЛЮЧЕВЫЕ АСПЕКТЫ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ СОРБИРОВАННЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ НЕФТЕМАТЕРИНСКИХ ПОРОД

Статья посвящена изучению возможности вовлечения в разработку низкопроницаемых нефтематеринских пород, представленных в разрезе верхнеюрско-нижнемеловых отложений Западной Сибири. Для решения данной задачи необходимо провести такое техногенное воздействие на нефтематеринские породы, которое позволит преодолеть сорбционные силы, удерживающие молекулы уже сгенерированных углеводородов на керогене. Рассмотрены результаты лабораторных экспериментов по созданию перепада давления в высокоуглеродистой породе при условиях, приближенных к пластовым, а также описан опыт промысловых испытаний термического воздействия на пласты.

Выявлены ключевые факторы, определяющие эффективность использования технологий разработки низкопроницаемых нефтематеринских пород. Сделан вывод о том, что основным параметром эффективности технологии является охват низкопроницаемых пород техногенным воздействием по площади и по разрезу.

Ключевые слова: *верхнеюрско-нижнемеловые отложения, нефтематеринские породы, сорбированные углеводороды, технологии разработки, охват техногенным воздействием, Западная Сибирь.*

Верхнеюрско-нижнемеловые отложения известны в качестве главной нефтематеринской формации Западной Сибири, которая при этом содержит коллекторы, имеющие промышленное значение на ряде месторождений региона [Баженовский горизонт..., 1984; Конторович и др., 2018]. На сегодняшний день основной технологией разработки данных отложений является добыча нефти из вертикальных или горизонтальных скважин после применения интенсификации притока – гидравлического разрыва пласта (ГРП) [Алексеев и др., 2017]. Ключевой вопрос - охват целевого разреза данным воздействием.

Разрез верхнеюрско-нижнемеловых отложений исследуется около 60-ти лет. Условия седиментации в период их формирования предопределили цикличное строение разреза, в котором чередуются пласты, сложенные биогенными и терригенными компонентами, и пласты чисто биогенного генезиса, на что указывал в своих работах В.В. Хабаров [Хабаров, Барташевич, Нелепченко, 1981]. Среди биогенных отложений доминируют радиоляриты и кокколитофоридовые известняки, подчиненное значение имеют ракушняки, фосфориты и различные известняки. К терригенным отложениям относятся в основном глины, а также терригенный кварц, полевые шпаты и другие минералы.

Сегодня кажется уже общепризнанным, что основной объем коллекторов верхнеюрско-

нижнемеловых отложений связан с биогенными слоями, представляющими собой радиоляриты, преобразованные вплоть до вторичных известняков и доломитов со всеми переходными разностями [Зубков, 2014]. Таким образом, основной объем нефти, добытой из верхнеюрско-нижнемеловых отложений, относится к углеводородам (УВ), содержащимся в проницаемых и слабопроницаемых тонких пропластках (0,5-3 м), обладающих вторичной пористостью, хрупкостью и склонных к растрескиванию при ГРП. Генезис данных пропластков предопределил их протяженность [Немова, Панченко, 2017], а в пределах эксплуатационных кустов при гидропрослушивании устанавливается наличие гидродинамической связанности наиболее проницаемых радиоляритовых пластов.

Очевидно, что запасы нефти таких пластов весьма ограничены. Основной УВ потенциал (ресурсы) верхнеюрских отложений заключается в нефтематеринских слоях, отличающихся высоким содержанием органического вещества (ОВ), в состав которого входит как кероген, так смолисто-асфальтеновые соединения и нефть. Большое количество сингенетичных и параавтохтонных битумоидов (ресурсов, но при наличии технологии извлечения – запасов нефти) в высокоуглеродистых нефтематеринских породах находится в микропорах и порах керогена, который прочно удерживает микроневть сорбционными силами [Козлова и др., 2015]. И первый вопрос, который возникает – возможно ли извлечение («отрыв») сингенетичных молекул нефтяного ряда от керогена за счет техногенного создания перепада давления. Компании, которые делают ставку на технологию ГРП, уверены, что ответ на вопрос положительный, но так ли это?

Для решения данного вопроса в лабораторных условиях поставлен эксперимент по созданию в высокоуглеродистой породе условий, приближенных к пластовым, а затем организации перепада давления, с целью извлечения из нее сгенерированной за геологическое время микроневти. Лабораторный эксперимент реализован специалистами «Сколковского института науки и технологий».

Для проведения эксперимента выбрана порода, наиболее насыщенная ОВ, тонкослоистая высокоуглеродистая глинисто-кремнистая, состоящая из тонкого линзовидного переслаивания растворенных и переотложенных на месте кремневых скелетов радиолярий, ОВ, играющего роль цемента породы и терригенной примеси глинистых минералов, алевритовых единичных зерен кварца и полевых шпатов. Согласно данным пиролиза, содержание в породе ОВ составляет 17% (ТОС), параметры пиролиза S1 – 3,1, S2 – 72,3 мг УВ/г породы, Tmax – 445°C. Порода практически непроницаемая с пористостью около 0,04 %.

Образец породы помещался в манжету, собиралась лабораторная установка (рис. 1). Нижняя часть образца имитировала поверхность трещины ГРП. Образец в установке

выдерживался при давлении обжима 41 МПа и температуре 107°C 5 ч, создавая условия, приближенные к пластовым. Далее, выполнялось охлаждение системы и сброс давления обжима до атмосферного; снятие ловушки и оценка результата эксперимента.

В результате проведенного эксперимента, выход УВ из высокоуглеродистых пород не зафиксирован, что подтверждают промысловые данные, указывающие на отсутствие притока нефти из данных пород в скважинах по данным ПГИ [Немова, Панченко, 2017]. При этом, образец подвергся значительному растрескиванию с образованием большого количества закрытых пор, объем которых составил около 1%.

Для подтверждения полученного вывода проведена серия аналогичных экспериментов на нефтематеринских практически непроницаемых породах с различным содержанием ОВ, результат всех экспериментов оказался одинаковым: преодолеть сорбционные силы за счет перепада давления не удалось. Стоит отметить, что аналогичный эксперимент при высоких температурах (250-400°C) позволил извлечь нефть из пород за счет сброса давления [Bondarenko, 2018].

Проведенные эксперименты показывают, что за счет технологии ГРП из низкопроницаемых нефтематеринских пород значимой добычи УВ, сорбированных керогеном, не происходит. Другими словами, технология ГРП не позволяет вовлечь в промышленную разработку низкопроницаемые нефтематеринские породы. И это лишний раз объясняет тот факт, что за 60 лет истории разработки верхнеюрско-нижнемеловых отложений, из них добыто чуть больше 11 млн. т нефти по всей Западной Сибири. Важно отметить, что и в мировой практике добыча нефти из нефтематеринских формаций ведется именно из склонных к растрескиванию карбонатно-кремнистых или песчано-алевритистых низкопроницаемых пород, прилегающих к нефтематеринским толщам.

Для вовлечения в разработку нефтематеринских пород необходимо техногенное воздействие, которое позволит **преодолеть сорбционные силы, удерживающие молекулы уже сгенерированных УВ на керогене.**

На сегодняшний день единственной компанией, которая проводит промысловые эксперименты на месторождении, направленные на решение данной задачи, является ООО «РИТЭК», ведущая опытно-промышленные работы в области термического воздействия на верхнеюрские отложения под руководством профессора В.И. Грайфера и профессора А.А. Боксермана.

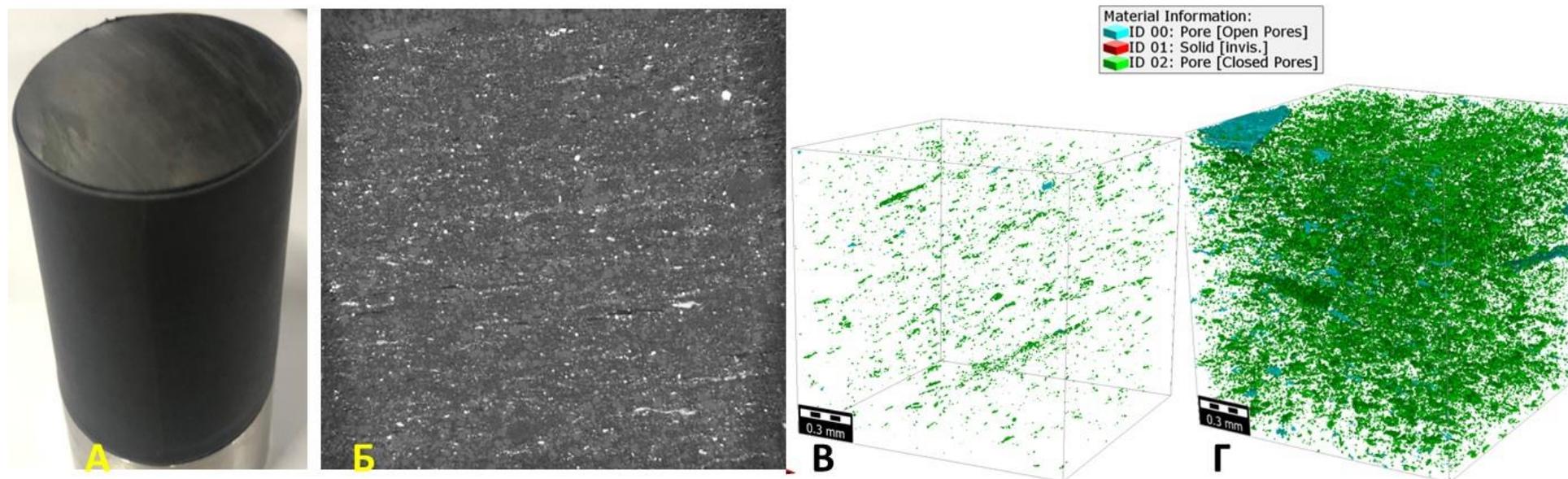


Рис. 1. Характеристика образца высокоуглеродистой глинисто-кремнистой породы, на которой проведен эксперимент по сбросу давления в условиях, приближенных к пластовым

a – общий вид образца; б – томографическое изображение; объемное распределение открытых (голубой цвет) и закрытых (зеленый цвет) пор до (в) и после (г) эксперимента.

Результаты промысловых и лабораторных экспериментов компании ООО «РИТЭК», а также теоретические предпосылки внедрения данной технологии отражены во многих публикациях [Алекперов и др., 2013, 2014; Кокорев и др., 2014; Бондаренко и др., 2017].

Ниже сформулированы ключевые факторы, которые необходимо контролировать в процессе оптимизации технологии разработки нефтематеринских пород и оценке ее эффективности. Они установлены в ходе комплексного анализа результатов промысловых и лабораторных экспериментов на керне.

После длительной опытной закачки воздуха в нагнетательную скважину по газам добывающих скважин зафиксирован процесс пластового горения [Алекперов и др., 2013, 2014; Кокорев и др., 2014]. Исследования керна, отобранного на расстоянии 70 м от нагнетательной скважины после нескольких лет закачки, позволили установить диапазон охвата разреза верхнеюрских отложений термическим воздействием [Немова, Панченко, 2017].

Анализ керна показал, что высокотемпературному воздействию подверглись маломощные интервалы (первые десятки сантиметров), характеризующиеся как коллекторы – доломитизированные и кремнистые радиоляриты, обладающие пористостью более 10 % (определено по аналогии с соседними скважинами, в которых изучен керн до техногенного воздействия). Техногенное температурное воздействие на коллекторы привело к практически полному выгоранию в них ОВ, а также краснокаменным изменениям пород, связанным с разложением пирита до пирротина, гематита и магнетита. Поровое пространство, ранее заполненное УВ, оказалось незаполненным (рис. 2). Суммарная толщина интервалов, по которым прошел фронт горения, составила около 3,5 м.

Нефтематеринские породы не подверглись температурному воздействию даже в районе непосредственного контакта с термически преобразованными породами, что определено на основе изучения пород в шлифах и по пиролизу, показавшему отсутствие изменений содержания и состава ОВ нефтематеринских пород.

Таким образом, при **разработке технологии извлечения нефти из нефтематеринских пород еще одним ключевым фактором, определяющим ее эффективность, будет охват воздействием низкопроницаемых пород.**

Исследования нефтематеринских пород без геохимического изучения ОВ не мыслимы. Данной теме посвящено огромное количество публикаций [Баженова, Бурлин, 1985; Дахнова и др., 2006; Конторович и др., 2018; Гутман и др., 2019]. Исследования показывают, что в зависимости от степени катагенетической зрелости ОВ, соотношение различных его компонентов будет меняться [Дахнова и др., 2015], что будет иметь большое значение для технологических решений, направленных на разработку данных отложений.

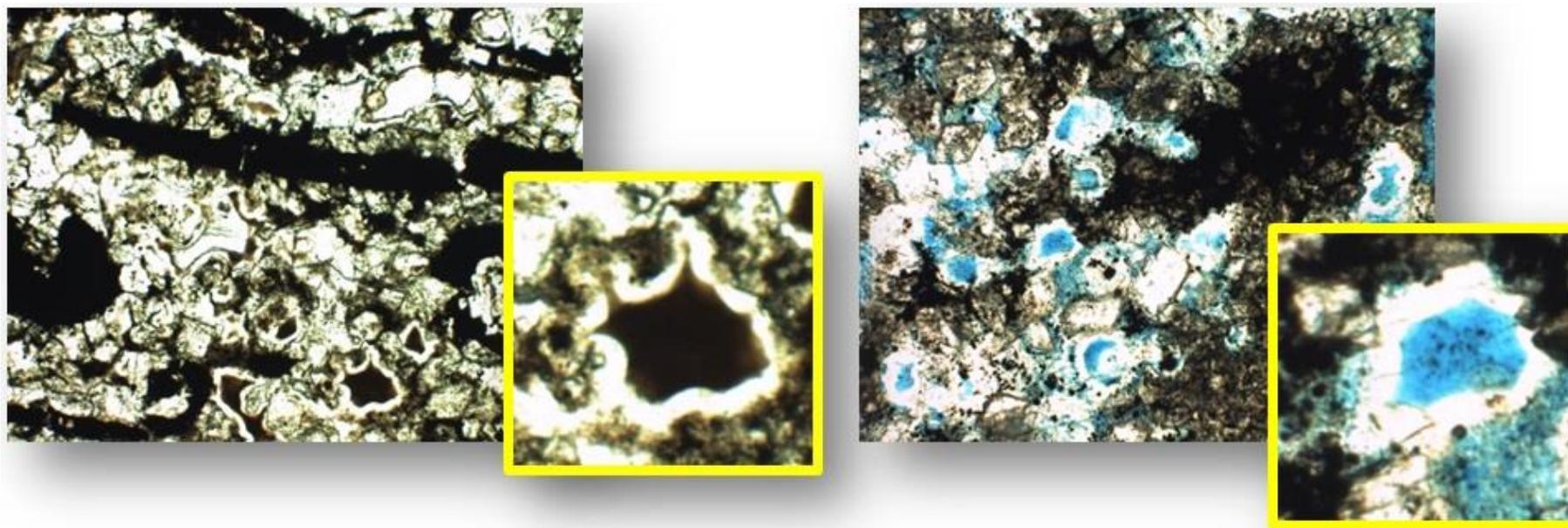


Рис. 2. Фотографии шлифов доломитизированных радиоляритов верхнеюрских отложений до (слева) и после (справа, шлиф покрашен) термогазового воздействия на породу в пластовых условиях
Увеличен фрагмент поры, до воздействия содержащей нефть, после – не заполненной.

Опыты показывают, что термическое воздействие на нефтематеринские породы приводит к окислению части ОБ, которое является породообразующим и играет роль цемента, благодаря чему в нефтематеринских породах формируются связанные каналы фильтрации, породы становятся проницаемыми. При этом, происходит разрушение сорбционных сил, связывающих жидкие УВ с керогеном, и появляется возможность для миграции УВ в коллектор и выход их в скважину. В зависимости от степени катагенетической зрелости ОБ, оптимальная температура для его термического преобразования в подвижные УВ будет различной и установить ее можно в ходе лабораторных экспериментов с нагреванием нефтематеринских пород верхнеюрских отложений конкретного месторождения и изучением новообразованных УВ (подобные исследования проводились в МГУ им. М.В. Ломоносова А.Г. Калмыковым; по заказу ООО «РИТЭК» в АНООВО «Сколковский институт науки и технологий», ответственный исполнитель А.Н. Черемисин, 2018 г.).

Таким образом, при разработке технологии извлечения сорбированных УВ из низкопроницаемых нефтематеринских пород и оценке эффективности подобных технологий, ключевыми факторами, которые необходимо контролировать, являются:

- оптимальная температура техногенного термического воздействия на породы с целью десорбции сгенерированных УВ, удерживаемых керогеном, и генерации из пиролизуемой части керогена жидких УВ, которые будут различными, в зависимости от степени катагенетической зрелости ОБ;

- механизм десорбции УВ нефтематеринских пород и создание возможности для миграции УВ в коллектор и скважину;

- охват технологическим воздействием самих нефтематеринских пород по разрезу и площади.

Максимально объективная оценка данных факторов будет способствовать скорейшему вовлечению в разработку нефтематеринских пород верхнеюрских отложений, содержащих значимый объем ресурсов УВ по всей Западной Сибири. Количественную оценку ресурсов, которые технологически можно будет вовлечь в разработку, можно будет провести только ответив на вопросы, поставленные выше, индивидуально для каждой технологии.

Автор благодарит сотрудников «Сколковского института науки и технологий» за проведение лабораторных экспериментов.

Литература

Алекперов В.Ю., Грайфер В.И., Николаев Н.М., Карпов В.Б., Кокорев В.И., Нурғалиев В.Г., Палий А.П., Боксерман А.А., Клиничев В.А., Фомкин А.В. Новый отечественный

способ разработки месторождений баженовской свиты. Часть 1 // Нефтяное хозяйство. – 2013. - №12. - С. 100-105.

Алекперов В.Ю., Грайфер В.И., Николаев Н.М., Карпов В.Б., Кокорев В.И., Нургалиев В.Г., Палий А.П., Боксерман А.А., Клинчев В.А., Фомкин А.В. Новый отечественный способ разработки месторождений баженовской свиты. Часть 2 // Нефтяное хозяйство. - 2014. - № 1. - С. 50-53.

Алексеев А.Д., Жуков В.В., Стрижнев К.В., Черевко С.А. Изучение трудноизвлекаемых и нетрадиционных объектов согласно принципу «фабрика коллектора в пласте» // Записки Горного института. - 2017. - Т. 228. - С. 695-704. DOI: <https://doi.org/10.25515/PMI.2017.6.695>

Баженова О.К., Бурлин Ю.К. Роль исходного органического вещества в формировании нефтематеринского потенциала кремнистых образований // Органическое вещество современных и ископаемых осадков. - М.: Наука, 1985. - С. 31-38.

Баженовский горизонт Западной Сибири (стратиграфия, палеогеография, экосистема, нефтеносность) / Ю.В. Брадучан, А.В. Гольберт, Ф.Г. Гурари, В.А. Захаров, С.П. Булынникова, И.Г. Климова, М.С. Месежников, Н.П. Вячкилева, Г.Э. Козлова, А.И. Лебедев, Т.И. Нальняева, А.С. Турбина. – Новосибирск: Наука, 1984. – 215 с. (Труды института геологии и геофизики. Вып. 649).

Бондаренко Т.М., Попов Е.Ю., Черемисин А.Н., Козлова Е.В., Карпов И.А., Морозов Н.В. Лабораторное моделирование процесса закачки воздуха высокого давления на месторождениях баженовской свиты // Нефтяное хозяйство. - 2017. - № 3. - С. 34-39. DOI: <https://doi.org/10.24887/0028-2448-2017-3-34-39>

Гутман И.С., Потемкин Г.Н., Батулин А.Ю., Масляно М.Ю., Козлова Е.В., Спасенных М.Ю., Булатов Т.Д. Изучение баженовской свиты Западной Сибири на различных уровнях по данным пиролитических исследований как основа объективной оценки углеводородного потенциала // Недропользование XXI век. - 2019. - № 3 (79). - С. 102-115.

Дахнова М.В., Можегова С.В., Назаров Е.С., Пайзанская И.Л. Оценка запасов «сланцевой нефти» с использованием геохимических параметров // Геология нефти и газа. - 2015. - №4. - С. 55-61.

Зубков М.Ю. Коллекторы в баженовско-абалакском комплексе Западной Сибири и способы их прогноза // Геология нефти и газа. - 2014. - №5. - С. 58-72.

Калмыков А.Г., Карпов Ю.А., Топчий М.С., Фомина М.М., Мануилова Е.А., Шереметьева Е.В., Третьякова И.О., Пронина Н.В. Влияние катагенетической зрелости на формирование коллекторов с органической пористостью в баженовской свите и особенности их распространения // Георесурсы. – 2019. - № 2. - Т. 21. - С. 159-171. DOI: <https://doi.org/10.18599/grs.2019.2.159-171>

Козлова Е.В., Калмыков Г.А., Ганичев Д.И., Балушкина Н.С. Формы нахождения углеводородов в породах баженовской свиты // Геофизика. - 2015. - № 3. - С. 15-22.

Кокорев В.И., Дарищев В.И., Ахмадейшин И.А., Щеколдин К.А. Результаты промысловых испытаний и перспективы развития термогазового способа разработки залежей баженовской свиты в ОАО «РИТЭК» // Российская техническая нефтегазовая конференция и выставка SPE по разведке и добыче (г. Москва, 14-16 октября 2014 г.). - 2014. - DOI: <https://doi.org/10.2118/171172-RU>

Конторович А.Э., Костырева Е.А., Родякин С.В., Сотнич И.С., Ян П.А. Геохимия битумоидов баженовской свиты // Геология нефти и газа. - 2018. - № 2. - С. 79-88. DOI: <https://doi.org/10.31087/0016-7894-2018-2-79-88>

Немова В.Д., Панченко И.В. Локализация приточных интервалов баженовской свиты и их емкостное пространство на Средне-Назымском месторождении // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2017. - Т.12. - №1. - http://www.ngtp.ru/rub/4/11_2017.pdf. DOI: https://doi.org/10.17353/2070-5379/11_2017

Хабаров В.В., Барташевич О.В., Нелепченко О.М. Геолого-геофизическая характеристика и нефтеносность битуминозных пород баженовской свиты Западной Сибири. - М.: ВИЭМС, 1981. - 42 с.

Bondarenko T. Evaluation of High-Pressure Air Injection Potential for In-Situ Synthetic Oil Generation from Oil Shale: Bazhenov Formation, PhD Thesis, 2018. - <https://www.skoltech.ru/en/2018/11/phd-thesis-defense-tatiana-bondarenko-evaluation-of-high-pressure-air-injection-potential-for-in-situ-synthetic-oil-generation-from-oil-shale-bazhenov-formation/>

Nemova V.D.

LLC "LUKOIL-Engineering", Moscow, Russia, Varvara.Nemova@lukoil.com

KEY ASPECTS OF THE EFFICIENCY OF SORBED HYDROCARBONS DEVELOPMENT TECHNOLOGY IN SOURCE ROCKS

The article is dedicate to studying the possibility of development low-permeability source rocks of Upper Jurassic-Lower Cretaceous sequences in Western Siberia. Solving this problem technical impact will allows to overcome sorption forces holding already generated hydrocarbons molecules on kerogen is needed. The results of laboratory pressure drop experiments in rich hydrocarbon rock under close to reservoir conditions were considered, and also the field tests of thermal effects on formations were described.

As a result, key factors that determine the effectiveness of using development technology for low-permeability source rocks were identified. It is concluded that the main parameter is the coverage of low permeable rocks by impact on the area and in the section.

Keywords: *Upper Jurassic-Lower Cretaceous sequences, source rocks, sorbed hydrocarbons, development technology, Western Siberia.*

References

Alekperov V.Yu., Grayfer V.I., Nikolaev N.M., Karpov V.B., Kokorev V.I., Nurgaliev V.G., Paliy A.P., Bokserman A.A., Klinchev V.A., Fomkin A.V. *Novyy otechestvennyy sposob razrabotki mestorozhdeniy bazhenovskoy svity. Chast' 1* [New Russian oil-recovery method for exploiting the Bazhenov Formation's. Part 1]. Neftyanoe khozyaystvo, 2013, no. 12, pp. 100-105.

Alekperov V.Yu., Grayfer V.I., Nikolaev N.M., Karpov V.B., Kokorev V.I., Nurgaliev V.G., Paliy A.P., Bokserman A.A., Klinchev V.A., Fomkin A.V. *Novyy otechestvennyy sposob razrabotki mestorozhdeniy bazhenovskoy svity. Chast' 2* [New Russian oil-recovery method for exploiting the Bazhenov Formation's. Part 2]. Neftyanoe khozyaystvo, 2014, no. 1, pp. 50-53.

Alekseev A.D., Zhukov V.V., Strizhnev K.V., Cherevko S.A. *Izuchenie trudnoizvlekaemykh i netraditsionnykh ob"ektov soglasno printsipu «fabrika kollektora v plaste»* [Research of hard-to-recovery and unconventional oil-bearing formations according to the principle «in-situ reservoir fabric»]. Zapiski Gornogo instituta, 2017, vol. 228, pp. 695-704. DOI: <https://doi.org/10.25515/PMI.2017.6.695>

Bazhenova O.K., Burlin Yu.K. *Rol' iskhodnogo organicheskogo veshchestva v formirovanii neftematerinskogo potentsiala kremnistykh obrazovaniy* [The role of the initial organic matter in the formation of the oil source potential of siliceous formations]. Organicheskoe veshchestvo sovremennykh i iskopaemykh osadkov, Nauka, 1985, pp. 31-38.

Bazhenovskiy gorizont Zapadnoy Sibiri (stratigrafiya, paleogeografiya, ekosistema, neftenosnost') [Bazhenov Formation of Western Siberia]. Yu.V. Braduchan, A.V. Gol'bert, F.G. Gurari, V.A. Zakharov, S.P. Bulynnikova, I.G. Klimova, M.S. Mesezhnikov, N.P. Vyachkileva, G.E. Kozlova, A.I. Lebedev, T.I. Nal'nyaeva, A.S. Turbina. Novosibirsk: Nauka, 1984, 215 p. (Trudy instituta geologii i geofiziki. issue 649).

Bondarenko T. Evaluation of high-pressure air injection potential for in-situ synthetic oil generation from oil shale: Bazhenov Formation, PhD Thesis, 2018. - <https://www.skoltech.ru/en/2018/11/phd-thesis-defense-tatiana-bondarenko-evaluation-of-high-pressure-air-injection-potential-for-in-situ-synthetic-oil-generation-from-oil-shale-bazhenov-formation/>

Bondarenko T.M., Popov E.Yu., Cheremisin A.N., Kozlova E.V., Karpov I.A., Morozov N.V. *Laboratornoe modelirovanie protsessa zakachki vozdukha vysokogo davleniya na mestorozhdeniyakh bazhenovskoy svity* [Laboratory modeling of high-pressure air injection in oil fields of Bazhenov Formation]. Neftyanoe khozyaystvo, 2017, no. 3, pp. 34-39. DOI: <https://doi.org/10.24887/0028-2448-2017-3-34-39>

Dakhnova M.V., Mozhegova S.V., Nazarov E.S., Payzanskaya I.L. *Otsenka zapasov*

«slantsevoy nefiti» s ispol'zovaniem geokhimicheskikh parametrov [Geochemical methods for solving tasks that concern oil pools development in Bazhenov Formation in the west of Latitudinal Priobie]. *Geologiya nefiti i gaza*, 2006, no. 6, pp. 39-44.

Gutman I.S., Potemkin G.N., Baturin A.Yu., Maslyanko M.Yu., Kozlova E.V., Spasennykh M.Yu., Bulatov T.D. *Izuchenie bazhenovskoy svity Zapadnoy Sibiri na razlichnykh urovnyakh po dannym piroliticheskikh issledovaniy kak osnova ob"ektivnoy otsenki uglevodorodnogo potentsiala* [Study of the West Siberian Bazhenov Formation at multiple levels according to pyrolysis data as the basis for the unbiased assessment of petroleum potential]. *Nedropol'zovanie XXI vek*, 2019, no. 3 (79), pp. 102-115.

Kalmykov A.G., Karpov Yu.A., Topchiy M.S., Fomina M.M., Manuilova E.A., Sheremet'eva E.V., Tret'yakova I.O., Pronina N.V. *Vliyanie katageneticheskoy zrelosti na formirovanie kollektorov s organicheskoy poristost'yu v bazhenovskoy svite i osobennosti ikh rasprostraneniya* [The effect of catagenetic maturity on the formation of reservoirs with organic porosity in the Bazhenov Formation and peculiarities of their extension]. *Georesursy*, 2019, vol. 21, no. 2, pp. 159-171. DOI: <https://doi.org/10.18599/grs.2019.2.159-171>

Khabarov V.V., Bartashevich O.V., Nelepchenko O.M. *Geologo-geofizicheskaya kharakteristika i neftenosnost' bituminoznykh porod bazhenovskoy svity Zapadnoy Sibiri* [Geological and geophysical characteristics and oil content of bituminous rocks of the Bazhenov Formation in Western Siberia]. Moscow, VIEMS, 1981, 42 p.

Kokorev V.I., Darishchev V.I., Akhmadeyshin I.A., Shchekoldin K.A. *Rezultaty promyslovykh ispytaniy i perspektivy razvitiya termogazovogo sposoba razrabotki zalezhey bazhenovskoy svity v OAO «RITEK»* [The results of the field tests and prospects of termogas development of Bazhenov Formation in OJSC RITEK]. Rossiyskaya tekhnicheskaya neftegazovaya konferentsiya i vystavka SPE po razvedke i dobyche (14-16 Oct, 2014, Moscow), 2014. DOI: <https://doi.org/10.2118/171172-RU>

Kontorovich A.E., Kostyreva E.A., Rodyakin S.V., Sotnich I.S., Yan P.A. *Geokhimiya bitumoidov bazhenovskoy svity* [Geochemistry of the Bazhenov Formation bitumoids]. *Geologiya nefiti i gaza*, 2018, no. 2, pp. 79-88. DOI: <https://doi.org/10.31087/0016-7894-2018-2-79-88>

Kozlova E.V., Kalmykov G.A., Ganichev D.I., Balushkina N.S. *Formy nakhozheniya uglevodorodov v porodakh bazhenovskoy svity* [Forms of hydrocarbons in rocks of the Bazhenov Formation]. *Geofizika*, 2015, no. 3, pp. 15-22.

Nemova V.D., Panchenko I.V. *Lokalizatsiya pritochnykh intervalov bazhenovskoy svity i ikh emkostnoe prostranstvo na Sredne-Nazymskom mestorozhdenii* [Localization of inflow intervals and storage volume of the Bazhenov Formation, Sredne-Nazym oil field]. *Neftegazovaya Geologiya. Teoriya i Praktika*, 2017, vol. 12, no. 1, available at: http://www.ngtp.ru/rub/4/11_2017.pdf. DOI: https://doi.org/10.17353/2070-5379/11_2017

Zubkov M.Yu. *Kollektory v bazhenovsko-abalakskom komplekse Zapadnoy Sibiri i sposoby ikh prognoza* [Reservoirs in the Bazhenov-Abalak Formation of the Western Siberia and methods of forecasting its spread]. *Geologiya nefiti i gaza*, 2014, no. 5, pp. 58-72.