

МОДЕЛЬ ПОРИСТОСТИ ПОРОД БАЖЕНОВСКОЙ СВИТЫ

Лев Маркович Бурштейн

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, проспект Академика Коптюга 3, д.г.-м.н., главный научный сотрудник, e-mail: levi@ipgg.sbras.ru

Алексей Эмильевич Конторович

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, проспект Академика Коптюга 3, д.г.-м.н., академик РАН, главный научный сотрудник, e-mail: KontorovichAE@ipgg.sbras.ru

Елена Анатольевна Костырева

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, проспект Академика Коптюга 3, к.г.-м.н., старший научный сотрудник, e-mail: KostyrevaEA@ipgg.sbras.ru

Проанализированы концептуальные модели и получены количественные прогностические зависимости пористости баженовской свиты от ее характеристик. Данные зависимости могут быть использованы при прогнозе перспектив нефтегазоносности и количественной оценке ресурсов нефти в баженовской свите.

Ключевые слова: нефть, ресурсы, баженовская свита, рассеянное органическое вещество, пористость

MODEL OF POROSITY OF ROCKS OF THE BAZHENOVSKAYA FORMATION

Lev M. Burshtein

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3, Akademika Koptyuga Ave., Dr. Sc., Chief Scientist, e-mail: levi@ipgg.sbras.ru

Alexey A. Kontorovich

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3, Akademika Koptyuga Ave., Dr. Sc., Academician of the Russian Academy of Sciences, Chief Scientist, e-mail: KontorovichAE@ipgg.sbras.ru

Elena A. Kostyreva

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3, Akademika Koptyuga Ave., Ph.D., Senior Researcher, e-mail: KostyrevaEA@ipgg.sbras.ru

Conceptual models were analyzed and quantitative prognostic dependences of porosity of the Bazhenov formation from its characteristics were obtained. These dependencies can be used in the forecast of oil and gas prospects and quantification of oil resources in the Bazhenov formation.

Keywords: oil, resources, Bazhenov formation, dispersed organic matter, porosity

На потенциальную нефтегазоносность баженовской (в тот момент марьяновской) свиты первым указал Ф.Г. Гурари [1]. Баженовская свита была выделена им в 1959 г., а в 1961 г. он предсказал ее нефтеносность, что и было доказано результатами работ на Салымской площади в 1967 г.

Проблеме нефтеносности баженовской свиты посвящен гигантский массив публикаций. Например, [2-25] и др.

На базе этих публикаций, по крайней мере, для залежей так называемого «салымского» типа, можно выделить ряд основных критериев прогноза нефтегазоносности баженовской свиты: 1. достаточные (не менее 15 м) ее толщины; 2. высокие концентрации рассеянного органического вещества (РОВ); 3. наличие изолирующих баженовскую свиту, подстилающих и перекрывающих пачек глинистых пород; 4. достаточно высокий уровень катагенеза РОВ, отвечающий второй половине главной зоны нефтеобразования (конец МК₁¹, МК₂); 5. высокие современные температуры пород баженовской свиты; 6. микрослоистая структура пород, приводящая при катагенезе РОВ к листоватости, автофлюидоразрыву и формированию коллекторов.

Отметим, что приведенные критерии ориентированы скорее на зональный и региональный прогноз нефтегазоносности и могут быть использованы при качественном районировании территории баженовской свиты по уровню перспективности. После выделения перспективных зон, для них может быть выполнена количественная оценка геологических ресурсов. В простейшем случае можно воспользоваться выражением, аналогичным формуле объемного метода, в которую входят площадь оцениваемого объекта, эффективная толщина, коэффициент пористости, коэффициент нефтенасыщенности, плотность пластовой нефти [26].

Таким образом, одним из важнейших элементов при количественной оценке перспектив нефтегазоносности баженовской свиты является прогноз открытой пористости. Исходя из этого **целью** настоящего исследования была разработка основ теоретической и количественной эмпирической модели пустотного пространства баженовской свиты.

Исходными данными при выполнении настоящей работы послужили базы результатов анализов и исследований скважин, собранные и выполненные в ИНГГ СО РАН, включающие информацию о строении и геолого-геохимических характеристиках осадочного чехла в разрезах выбранных базовых скважин, (характеристики РОВ) баженовской свиты, данные по открытой пористости слагающих ее пород и т.д). В том числе использовались данные по содержанию органического углерода ($C_{орг}$); данные о пористости, пиролитических характеристиках РОВ баженовской свиты (водородный индекс – H_i температура второго пиролитического максимума - T_{max}) по 697 образцам из 19 скважин центральных и южных районов Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции (Арчинская №47, Горстовая №91, Дружная №322, Западно-Квензерская №4, Малобалыкская №901, Межовская №11, НовоОртыгунская №187, Повховская №70, Присклоновая №54п, Ракитинская №4, Салымская №2, Салымская №2802, Северо-Покачевская №2368, Северо-Салымская №1183, Толпаровская №2, Урьевская №7016, Чупальская №67п, Южно-Майская №413, Южно-Ягунская №306п).

Очевидно, пористость баженовской свиты существенным образом менялась в ходе геологической истории.

Как известно породы баженовской свиты содержат до 20% $C_{орг}$. В пересчете на исходное содержание РОВ эта величина будет заметно больше. Протокероген баженовской свиты потерял в процессе прото- и мезокатагенеза значительную массу газообразных и жидких продуктов. Если учесть, что плотность беззольного керогена значительно ниже, чем плотность кремнистого, глинистого и карбонатного материала, то роль дисперсно рассеянного органического вещества в объеме породы была очень высока.

Это означает, что катагенные превращения органического вещества должны были формировать пустотность во всей матрице баженовской породы. Понятно, что поскольку породы свиты при погружении подвергались геостатическому давлению, то это приводило к смыканию части порового пространства. Доказать методами лабораторного моделирования возможность формирования таким путем пустотности в баженовской свите пытались Д.В. Корост с соавторами [27].

Методика определения вторичной по генезису, остаточной после гравитационного уплотнения пород пористости, представлена в статье [28]. Там же дан анализ некоторых факторов, влияющих на ее величину пористости и показано, что одними из основных являются содержание органического углерода и степень преобразованности РОВ. Наиболее отчетливо это видно в некоторых частных случаях, например, по данным трех хорошо изученных скважин - Салымской № 2802, Малобалыкской № 901 и Чупальской № 67.

В качестве одной из наиболее вероятных можно рассмотреть следующую концептуальную, теоретическую модель формирования пустотного пространства в породах баженовской свиты. Седиментационные воды отжимаются из пластичных пород свиты на ранних этапах погружения, и к началу катагенеза остаточная пористость пород незначительна (в пределах 1-2%). В ходе катагенеза РОВ часть его переходит в подвижную фазу, образуя новое пустотное пространство. Чем выше содержание РОВ (и $C_{орг}$ соответственно), тем больший объем пустот образуется. Очевидно, что в рамках этих представлений вторым фактором, существенно влияющим на объемы вновь образованного пустотного пространства, должна быть степень трансформации РОВ.

В процессе катагенеза РОВ увеличение объемов пустотного пространства происходит до тех пор, пока не достигается предел несущей способности минеральной матрицы и пористость не достигает некоторого равновесного для данных условий значения. Все «избыточные» объемы битумоидов (объем битумоидов, превышающий объем равновесного порового пространства) при благоприятных условиях должны были эмигрировать из баженовской свиты.

Следует отметить, сходные представления о механизме формирования вторичной емкости в коллекторах баженовской свиты в той или иной форме обсуждались многими авторами. С нашей точки зрения наиболее последовательно и полно они были представлены М. Ю. Зубковым [29].

Предложенная модель находит определенное подтверждение на экспериментальных данных. Изучение керн скважин Салымской № 2802, Малобалыкской

№ 901 и Чупальской № 67 показало, что открытая нефтенасыщенная пористость пород баженовской свиты зависит от современных содержаний $C_{орг}$, монотонно возрастая с их ростом. Причем при значениях $C_{орг} > 7\%$ пористость меняется слабо (достигает равновесного состояния) и имеет среднее значение около 8,8%. Влияние на пористость преобразованности РОВ можно попытаться выявить на образцах с относительно пониженными содержаниями $C_{орг}$, для которых равновесные значения пористости еще не достигнуты. На рис. 1 приведены графики изменения пористости пород баженовской свиты в зависимости от содержания органического углерода Салымской (расчетный коэффициент трансформации 0.89) и объединенной выборки Чупальской и Малобалыкской скважин (средний расчетный коэффициент трансформации 0.45). Кривые интерполирующие фактические данные в этом диапазоне значений значимо различаются, хотя и с не очень большим уровнем доверительной вероятности (0.65). Это различие свидетельствует в пользу влияния степени преобразованности РОВ на объемы нефтенасыщенного порового пространства в породах баженовской свиты.

На основе выявленной закономерности изменения и с учетом естественного допущения, что при нулевом коэффициенте трансформации новообразованная емкость должна быть близка к нулю, можно экстраполировать полученные зависимости для других коэффициентов трансформации РОВ и использовать полученные зависимости при прогнозе:

$$k_{п} = C_{орг} \cdot (2.512 \cdot k_{tr} - 1.115 \cdot k_{tr}^2), \quad k_{п} \leq 8.8\%$$

Здесь $k_{п}$ – коэффициент вторичной пористости (%), $C_{орг}$ – концентрация органического углерода (%), k_{tr} – коэффициент трансформации (доли ед.).

Следует заметить, что на поровую емкость пород баженовской свиты влияет минеральный состав матрицы [28]. Пористость зависит и от степени аномальности пластовых давлений, т. е. от степени изолированности баженовской нефтегазовой системы. Наличие аномально высоких давлений должно приводить к увеличению (или более полному сохранению) пустотного пространства и, соответственно, массы остаточных углеводородов. При региональных оценках влияние этих факторов учесть достаточно сложно и, в первом приближении, ими приходится пренебрегать.

На больших массивах исходных данных приведенные закономерности нивелируются влиянием других факторов [28]. Тем не менее статистический анализ показывает, что эти зависимости существуют.

Анализ частных и совместных зависимостей коэффициента пористости от предикативных переменных (глубины, $C_{орг}$, Hi , T_{max}) показал, что одну из двух переменных, отражающих степень трансформации РОВ (Hi , T_{max}) можно исключить из рассмотрения в силу их тесной взаимосвязи (рис. 2). В дальнейшем использовалось приведенное значение водородного индекса Hi_e , рассчитанное по интерполирующей формуле:

$$Hi_e = 519.9 \cdot \left(1 - \frac{1}{1 + e^{\frac{444.2 - T_{max}}{3.057}}}\right)$$

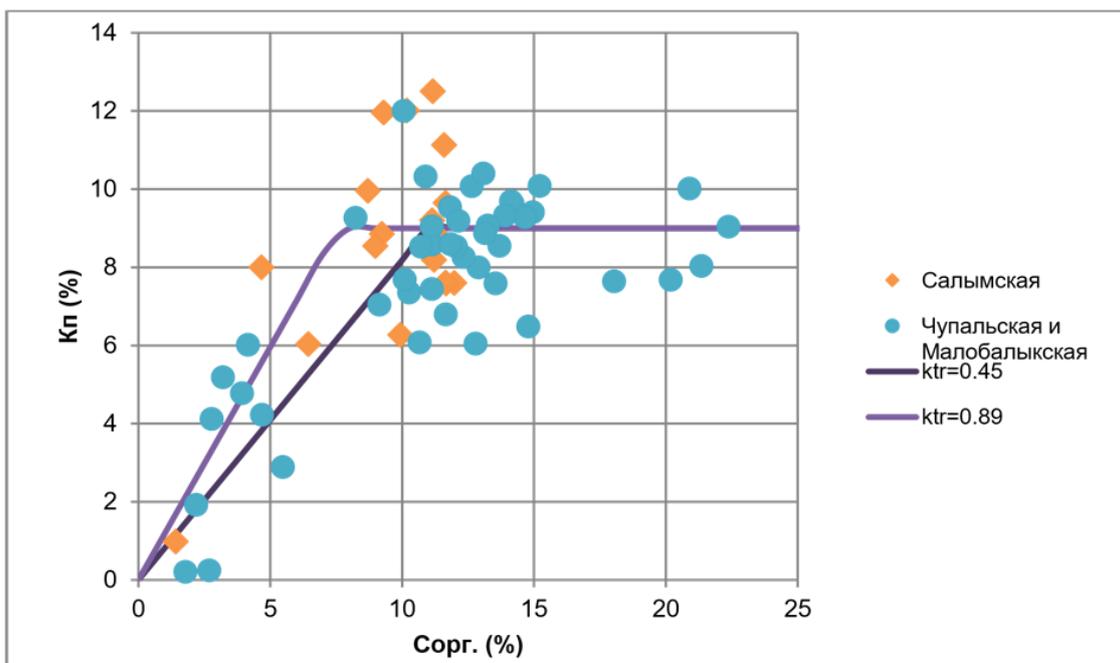


Рис. 1. Зависимость пористости пород баженовской свиты от содержания органического углерода при разных коэффициентах трансформации.

Для более наглядного представления исследуемых зависимостей статистический анализ выполнялся для осреднённых по разрезу значений параметров баженовской свиты каждой из 19 базовых. Методом многомерного линейного регрессионного анализа было получено следующее прогностическое уравнение для средней открытой пористости пород баженовской свиты:

$$k_{п} = 4.914 - 0.00122 \cdot H + 0.649 \cdot C_{орг} - 0.0792 \cdot Ni_e$$

Здесь $k_{п}$ – открытая пористость в %, H – глубина в метрах, $C_{орг}$ в %, Ni_e в мг/г $C_{орг}$.

Соотношение расчетных и фактических средних значений открытой пористости представлены на рис. 3. Отметим, что зависимость характеризуется относительно невысоким коэффициентом детерминации – 0.64. Это может быть связано с упрощенной линейной формой зависимости, но скорее с не учетом двух других важнейших факторов, влияющих на пористость баженовской свиты, – степени изолированности нефтегазовой системы и литологического состава слагающих ее пород. Тем не менее даже в таком виде полученная зависимость может быть использована для предварительной оценки пористости пород баженовской свиты.

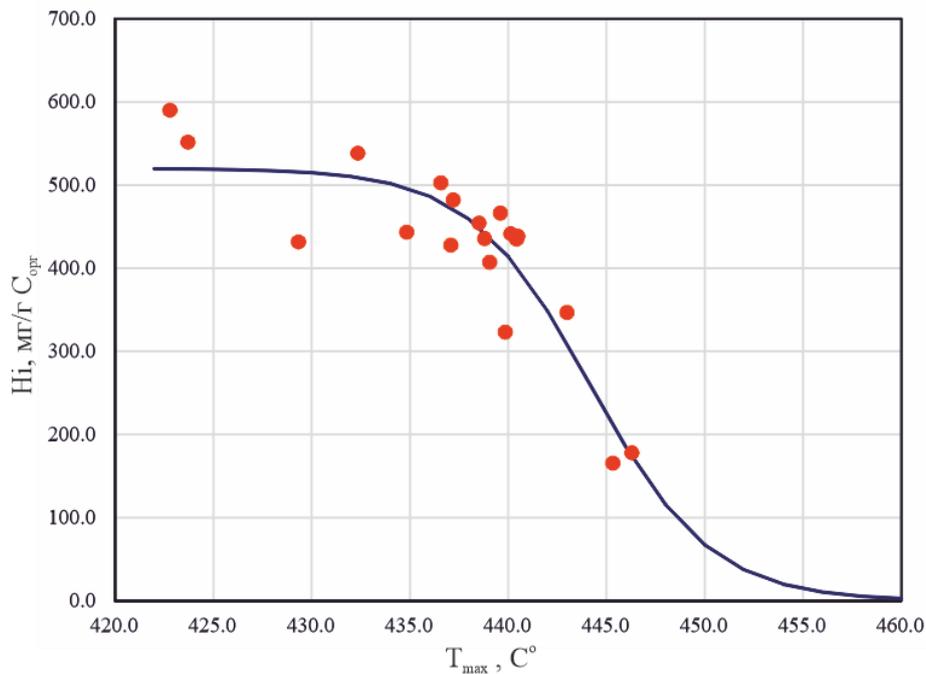


Рис. 2. Зависимость среднего водородного индекса от средней температуры второго пиролизического максимума для керогенов баженовской свиты

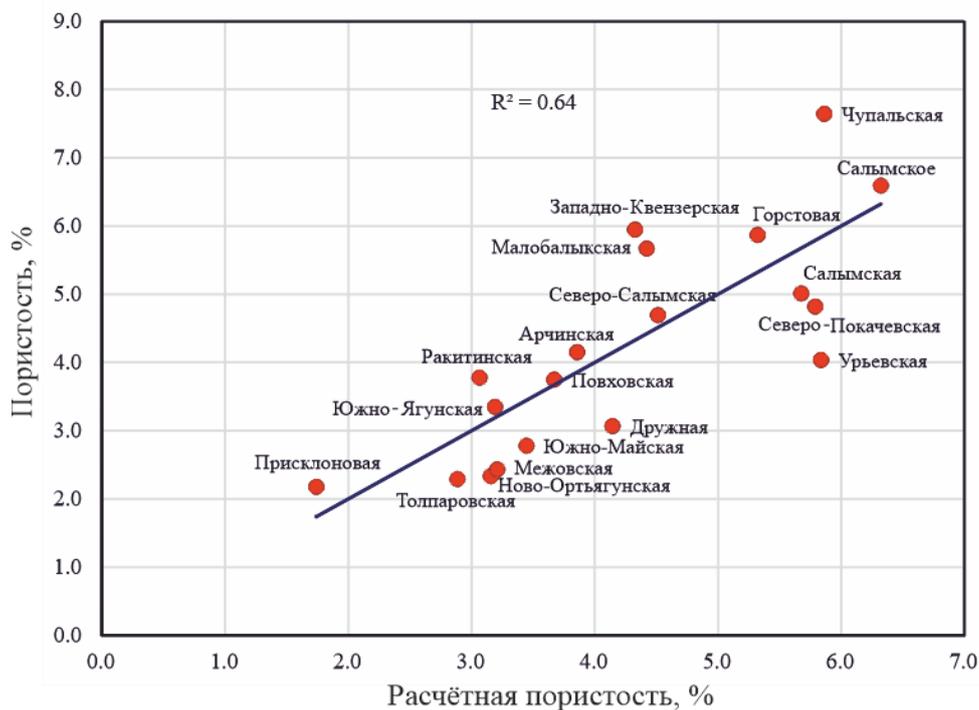


Рис. 3. Зависимость средней пористости от расчетной

Заключение

Таким образом предложенные концептуальные модели формирования порового пространства пород баженовской свиты подтверждаются полученными прогностическими зависимостями пористости от характеристик баженовской

свиты. Данные зависимости могут быть использованы при прогнозе перспектив нефтегазоносности и количественной оценке ресурсов нефти в баженовской свите.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Новосибирской области в рамках Проекта №19-45-54005 р_а «Разработка фундаментальных основ поисков и подсчета трудноизвлекаемых запасов нефти баженовской свиты Западной Сибири, включая оценку ресурсов Новосибирской области»

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гурари Ф.Г. О поисках нефти и газа в мезозое Западно-Сибирской низменности. Тр. СНИИГГИМС, вып.17. – Л.: Гостоптехиздат, 1961. – С. 15-31.
2. Белкин В.И., Ефремов Е. П., Каптелинин Н.Д. Модель коллектора нефти баженовской свиты Салымского месторождения // Нефтяное хозяйство. – 1983. – № 10. – С. 27-31.
3. Гурари Ф.Г. Об условиях накопления и нефтеносности баженовской свиты Западной Сибири. Тр. СНИИГГИМС, вып. 271. – Новосибирск, 1979. – С. 153-160.
4. Гурари Ф.Г. О залежах углеводородов в глинистых толщах // Нефтегазоносность Сибири и Дальнего Востока. – Новосибирск: Наука, 1981. – С.105-116.
5. Гурари Ф.Г., Гурари И.Ф. Формирование залежей нефти в аргиллитах баженовской свиты Западной Сибири // Геология нефти и газа. – 1974. – № 5. – С. 36-40.
6. Добрынин В.М. Мартынов В.Г. Модель и основные параметры пластового резервуара баженовской свиты Салымского месторождения. // Нефтеносность баженовской свиты Западной Сибири. - М.: ИГиРГИ, 1980. – С. 26-47.
7. Дорофеева Т.В., Лебедев Б.А., Петрова Т.В. Особенности формирования коллекторских свойств баженовской свиты Салымского месторождения // Геология нефти и газа. – 1979. – № 9. – С. 20-23.
8. Елисеев В.Г., Нестеров И.И. Перспективы нефтеносности глинистых отложений баженовской свиты. Тр. ЗапСибНИГНИ, вып. 130. – Тюмень, 1978. – С. 155-157.
9. Ефремов Е.П., Зубков М.Ю., Боркун Ф.Я., Сонич В.П. Методика оценки перспектив нефтегазоносности баженовских отложений Западной Сибири // Энергия и механизм первичной миграции углеводородов. – М.: Наука, 1988. – С. 152-161.
10. Желтов Ю.В., Малофеев Г.Е., Толстов Л.А., Хавкин А.Я., Московцев О.А., Погоничев В.И., Сибгатуллин А.С. Обоснование особенностей строения и продуктивности баженовской свиты Салымского месторождения по данным работы скважин // Геология нефти и газа. – 1984. – № 8. - С. 1-6.
11. Зарипов О.Г., Сонич В.П., Зубков М.Ю. Региональная перспективность отложений баженовской свиты Западной Сибири // Исследования в области геологии и разработки нефтяных месторождений Западной Сибири. Тр. СибНИИИП. – Тюмень, 1982. – С. 132-144.
12. Зубков М.Ю. Критерии оценки региональных перспектив нефтеносности баженовской свиты // Нефтяное хозяйство. – 1989. – № 5. – С. 26-30.
13. Зубков М.Ю. Литолого-петрофизическая характеристика отложений баженовской и абалакской свит центральной части Краснотеннинского свода (Западная Сибирь) // Геология и геофизика. – 1999. – Т.40. – № 12. – С. 1821-1836.
14. Зубков М.Ю., Пормейстер Я.А., Бондаренко П.М. Прогноз трещинных коллекторов в отложениях баженовской и абалакской свит на основе результатов тектонофизического моделирования // Пути реализации нефтегазового потенциала ХМАО. Том 1: сб. материалов V научно-практической конференции, Ханты-Мансийск. – 2002. – С. 244-253.

15. Калмыков Г.А., Балушкина Н.С. Модель нефтенасыщенности порового пространства баженовской свиты Западной Сибири и ее использование для оценки ресурсного потенциала. - М.: ГЕОС, 2017. – 247 с.
16. Дорофеева Т.В., Краснов С.Г., Лебедев Б.А., Петрова Г.В., Позиненко Б.В. Коллекторы нефти баженовской свиты Западной Сибири. – Л.: Недра, 1983. – 31 с.
17. 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 [Электронный ресурс] // Георесурсы, геоэнергетика, геополитика: Электронный журнал. – 2014. – № 2 (10). – С. 1-8.
18. Конторович А.Э., Пономарева Е.В., Бурштейн Л.М., Глинских В.Н., Ким Н.С., Костырева Е.А., Павлова М.А., Родченко А.П., Ян П.А. Распределение органического вещества в породах баженовского горизонта (Западная Сибирь) // Геология и геофизика. – 2018. – Т. 59. – № 3. – С. 357-371
19. Кобышева Р. А., Сахибгареев Р. С. О природе емкости в аргиллитах баженовской свиты Западной Сибири // ДАН СССР. – 1976. – Т. 228. – № 5. – С. 1197-1199.
20. Краснов С.Г., Беликова А.Г., Галишев И.Р. Условия формирования автохтонных нефтяных залежей баженовской свиты Западной Сибири // Геология и геофизика. –1981. – № 10. – С. 3-10.
21. Медведский Р.И., Светлов К.В. Строение залежей нефти баженовской свиты по данным промыслово-геологических исследований скважин. Строение и нефтеносность баженигов Западной Сибири // Тюмень: ЗапСибНИГНИ, 1985. – С. 107-110.
22. Нестеров И.И., Ушатинский И. Н., Малыхин А. Я. и др. Нефтегазосность глинистых пород Западной Сибири – М.: Недра, 1987. -256 с.
23. Нестеров И.И. Новый тип коллектора нефти и газа // Геология нефти и газа. – 1979. – № 10. – С. 26-29.
24. Нестеров И.И. Проблемы нефтегазосности глинистых, глинисто-кремнистых и карбонатных битуминозных пород осадочных чехлов бассейнов земной коры // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2004. – № 1. – С. 78-89.
25. Юдин В.А. Проблемы в обосновании численных моделей разработки баженовской свиты с закачкой в пласт воздуха. В 2 т. – М.: ФНЦ НИИСИ РАН, 2018. – 432 с.
26. Амелин И. Д., Бадьянов В.А., Вендельштейн Б.Ю., Гомзинов В.К., Гутман И.С., Каналин В.Г., Мовмыга Г.Т., Стасенков В.В., Чоловский В.И., Ярошенко А.А. Подсчет запасов нефти, газа, конденсата и содержащихся в них компонентов – Москва: Недра, 1989. - 269 с.
27. Корост Д.В., Надежкин Д.В., Ахманов Г.Г. Изучение пустотного пространства нефтематеринской породы при генерации углеводородов // Вестн. Моск. Ун-та. Сер. 4. Геология. – 2012. – № 4. – С. 32-37.
28. Конторович А. Э., Родякин С.В., Бурштейн Л.М., Костырева Е.А., Рыжкова С.В., Ян П.А. Пористость и нефтенасыщенность пород баженовской свиты // Геология нефти и газа. – 2018. – № 5. – С. 61-73
29. Зубков М. Ю. Процессы нефтегенерации и формирование пустотного пространства за счет керогена баженовской свиты // Горные ведомости. –2015. – № 8 (135). – С. 22-38.

REFERENCES

1. Gurari F.G. O poiskah nefiti i gaza v mezozoe Zapadno-Sibirskoj nizmennosti. Tr. SNIIGGIMS, vyp.17. – L.: Gostoptekhizdat, 1961. – S. 15-31.
2. Belkin V.I., Efremov E. P., Kaptelinin N.D. Model' kollektora nefiti bazhenovskoj svity Salym'skogo mestorozhdeniya // Neftyanoe hozyajstvo. – 1983. – № 10. – S. 27-31.
3. Gurari F.G. Ob usloviyah nakopleniya i neftenosnosti bazhenovskoj svity Zapadnoj Sibiri. Tr. SNIIGGIMS, vyp. 271. – Novosibirsk, 1979. – S. 153-160.
4. Gurari F.G. O zalezah uglevodorodov v glinistyh tolshchah // Neftegazonosnost' Sibiri i Dal'nego Vostoka. – Novosibirsk: Nauka, 1981. – S.105-116.

5. Gurari F.G., Gurari I.F. Formirovanie zalezhej nefiti v argillitah bazhenovskoj svity Zapadnoj Sibiri // *Geologiya nefiti i gaza*. – 1974. – № 5. – S. 36-40.
6. Dobrynin V.M., Martynov V.G. Model' i osnovnye parametry plastovogo rezervuara bazhenovskoj svity Salymskogo mestorozhdeniya. // *Neftenosnost' bazhenovskoj svity Zapadnoj Sibiri*. – M.: IGI, 1980. – S. 26-47.
7. Dorofeeva T.V., Lebedev B.A., Petrova T.V. Osobennosti formirovaniya kollektorskih svojstv bazhenovskoj svity Salymskogo mestorozhdeniya // *Geologiya nefiti i gaza*. – 1979. – № 9. – S. 20-23.
8. Eliseev V.G., Nesterov I.I. Perspektivy neftenosnosti glinistyh otlozhenij bazhenovskoj svity. Tr. ZapSibNIGNI, vyp. 130. – Tyumen', 1978. – S. 155-157.
9. Efremov E.P., Zubkov M.YU., Borkun F.YA., Sonich V.P. Metodika ocenki perspektiv neftegazonosnosti bazhenovskih otlozhenij Zapadnoj Sibiri // *Energiya i mekhanizm pervichnoj migracii uglevodorodov*. – M.: Nauka, 1988. – S. 152-161.
10. Zheltov YU.V., Malofeev G.E., Tolstov L.A., Havkin A.YA., Moskovcev O.A., Pogonishchev V.I., Sibgatullin A.S. Obosnovanie osobennostej stroeniya i produktivnosti bazhenovskoj svity Salymskogo mestorozhdeniya po dannym raboty skvazhin // *Geologiya nefiti i gaza*. – 1984. – № 8. – S. 1-6.
11. Zaripov O.G., Sonich V.P., Zubkov M.YU. Regional'naya perspektivnost' otlozhenij bazhenovskoj svity Zapadnoj Sibiri // *Issledovaniya v oblasti geologii i razrabotki neftyanyh mestorozhdenij Zapadnoj Sibiri*. Tr. SibNIINP. – Tyumen', 1982. – S. 132-144.
12. Zubkov M.YU. Kriterii ocenki regional'nyh perspektiv neftenosnosti bazhenovskoj svity // *Neftyanoe hozhaystvo*. – 1989. – № 5. – S. 26-30.
13. Zubkov M.YU. Litologo-petrofizicheskaya karakteristika otlozhenij bazhenovskoj i abalaskoj svit central'noj chasti Krasnoleninskogo svoda (Zapadnaya Sibir') // *Geologiya i geofizika*. – 1999. – T.40. – № 12. – S. 1821-1836.
14. Zubkov M.YU., Pormeyster YA.A., Bondarenko P.M. Prognoz treshchinnyh kollektorov v otlozheniyah bazhenovskoj i abalaskoj svit na osnove rezul'tatov tektonofizicheskogo modelirovaniya // *Puti realizacii neftegazovogo potenciala HMAO. Tom 1: sb. materialov V nauchno-prakticheskoj konferencii, Hanty-Mansijsk*. – 2002. – S. 244-253.
15. Kalmykov G.A., Balushkina N.S. Model' neftenasyshennosti porovogo prostranstva bazhenovskoj svity Zapadnoj Sibiri i ee ispol'zovanie dlya ocenki resursnogo potenciala. – M.: GEOS, 2017. – 247 s.
16. Dorofeeva T.V., Krasnov S.G., Lebedev B.A., Petrova G.V., Pozinenko B.V. Kollektory nefiti bazhenovskoj svity Zapadnoj Sibiri. – L.: Nedra, 1983. – 31 s.
17. Kontorovich A.E., Burshtejn L.M., Kazanenkov V.A., Kontorovich V.A., Kostyreva E.A., Ponomareva E.V., Ryzhkova S.V., YAn P.A. Bazhenovskaya svita - glavnyj istochnik resursov netradicionnoj nefiti v Rossii [Elektronnyj resurs] // *Georesursy, geoenergetika, geopolitika: Elektronnyj zhurnal*. – 2014. – № 2 (10). – S. 1-8.
18. Kontorovich A.E., Ponomareva E.V., Burshtejn L.M., Glinskih V.N., Kim N.S., Kostyreva E.A., Pavlova M.A., Rodchenko A.P., YAn P.A. Raspredelenie organicheskogo veshchestva v porodah bazhenovskogo gorizonta (Zapadnaya Sibir') // *Geologiya i geofizika*. – 2018. – T. 59. – № 3. – S. 357-371
19. Konysheva R. A., Sahibgareev R. S. O prirode emkosti v argillitah bazhenovskoj svity Zapadnoj Sibiri // *DAN SSSR*. – 1976. – T. 228. – № 5. – S. 1197-1199.
20. Krasnov S.G., Belikova A.G., Galishev I.R. Usloviya formirovaniya avtohtonnyh neftyanyh zalezhej bazhenovskoj svity Zapadnoj Sibiri // *Geologiya i geofizika*. – 1981. – № 10. – S. 3-10.
21. Medvedskij R.I., Svetlov K.V. Stroenie zalezhej nefiti bazhenovskoj svity po dannym promyslovo-geologicheskikh issledovanij skvazhin. Stroenie i neftenosnost' bazhenitov Zapadnoj Sibiri // Tyumen': ZapSibNIGNI, 1985. – S. 107-110.
22. Nesterov I.I., Ushatinskij I. N., Malyhin A. YA. i dr. Neftegazonosnost' glinistyh porod Zapadnoj Sibiri – M.: Nedra, 1987. – 256 s.

23. Nesterov I.I. Novyj tip kollektora nefiti i gaza // Geologiya nefiti i gaza. – 1979. – № 10. – S. 26-29.
24. Nesterov I.I. Problemy neftegazonosnosti glinistyh, glinisto-kremnistyh i karbonatnyh bituminoznyh porod osadochnyh chekhlov bassejnov zemnoj kory // Geologiya, geofizika i razrabotka neftyanyh i gazovyh mestorozhdenij. – 2004. – № 1. – S. 78-89.
25. YUdin V.A. Problemy v obosnovanii chislennyh modelej razrabotki bazhenovskoj svity s zakachkoj v plast vozduha. V 2 t. – M.: FNC NIISI RAN, 2018. – 432 s.
26. Amelin I. D., Bad'yanov V.A., Vendel'shtejn B.YU., Gomzиков V.K., Gutman I.S., Kanalin V.G., Movmyga G.T., Stasenkov V.V., CHolovskij V.I., YAroshenko A.A. Podschet zapasov nefiti, gaza, kondensata i sodержashchihsya v nih komponentov – Moskva: Nedra, 1989. - 269 s.
27. Korost D.V., Nadezhkin D.V., Ahmanov G.G. Izuchenie pustotnogo prostranstva neftematerinskoj porody pri generacii uglevodorodov // Vestn. Mosk. Un-ta. Ser. 4. Geologiya. – 2012. – № 4. – S. 32-37.
28. Kontorovich A. E., Rodyakin S.V., Burshtejn L.M., Kostyreva E.A., Ryzhkova S.V., YAn P.A. Poristost' i neftenasyshchennost' porod bazhenovskoj svity // Geologiya nefiti i gaza. – 2018. – № 5. – S. 61-73
29. Zubkov M. YU. Processy neftegeneracii i formirovanie pustotnogo prostranstva za schet kerogena bazhenovskoj svity // Gornye vedomosti. – 2015. – № 8 (135). – S. 22-38.

© Л. М. Буриштейн, А. Э. Конторович, Е. А. Костырева, 2021