

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ К ПРОГНОЗУ МИНЕРАЛЬНО-КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА БАЖЕНОВСКОЙ СВИТЫ НА ОСНОВЕ СВЯЗЕЙ «КЕРН-ГИС»

Рашид Маратович Саитов

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

Михаил Александрович Фомин

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, проспект Академика Коптюга, 3, к.г.-м.н., зав. лабораторией, e-mail: FominMA@ipgg.sbras.ru; Новосибирский государственный университет, 630090, Россия, г. Новосибирск, ул. Пирогова, 2, старший преподаватель каф. геологии месторождений нефти и газа ГГФ

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

Светлана Владимировна Рыжкова

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: RizhkovaSV@ipgg.sbras.ru; Новосибирский государственный университет, 630090, Россия, г. Новосибирск, ул. Пирогова, 2, доцент кафедры геологии месторождений нефти и газа ГГФ

Инга Сергеевна Сотнич

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

Вика Георгиевна Эдер

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: EderVG@ipgg.sbras.ru

В статье представлена разработанная авторами методика расчета литологического состава баженовской свиты Западной Сибири на примере Повховской площади. Она основывается на выявленных взаимосвязях «кern-ГИС» между минерально-компонентным составом пород и их физическими свойствами. Показана сходимость экспериментальных данных и расчетных значений. Проведена апробация предложенной методики. Обоснованы условия её применимости.

Ключевые слова: баженовская свита, kern, ГИС, литологический состав, методика, породообразующие компоненты

METHODOLOGICAL APPROACHES TO PREDICTING THE MINERAL-COMPONENT COMPOSITION OF THE BAZHENOV FORMATION BASED ON «CORE-LOGGING» INTERCONNECTIONS

Rashid M. Saitov

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

Mikhail A. Fomin

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3, Akademika Koptyuga Ave., PhD, Head of the Laboratory, e-mail: FominMA@ipgg.sbras.ru Novosibirsk State University, 630090, Russia, Novosibirsk, 2, Pirogova st., Senior Lecturer

Elena A. Kostyreva

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

Svetlana V. Rizhkova

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3, Akademika Koptyuga Ave., PhD, Senior Researcher, e-mail: RizhkovaSV@ipgg.sbras.ru; Novosibirsk State University, 630090, Russia, Novosibirsk, 2, Pirogova st., Assistant Professor

Inga S. Sotnich

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

Vika G. Eder

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

The article presents a methodology developed by the authors for calculating the lithological composition of the Bazhenov Formation in Western Siberia. It is based on the identified “core-logging” interconnections between the mineral-component composition of rocks and the physical properties of the section. The convergence of experimental data and calculated values is shown. The proposed technique was tested. The conditions of its applicability have been substantiated.

Keywords: Bazhenov Formation, core, well-logging data, lithological composition, methods, rock-forming component

Снижение темпов прироста запасов и добычи нефти в гранулярных коллекторах, опыт изучения и успех освоения скоплений углеводородов сланцевых формаций США обеспечили серьезный стимул к изучению аналогичных толщ во всем мире [1, 2, 3]. В России среди таких толщ наиболее изучаемым и перспективным является уникальный нефтеносный природный объект - баженовская свита.

Еще с конца 60-х годов прошлого века в публикациях Ф.Г. Гурари, А.Э. Конторовича, И.И. Нестерова, Ф.К. Салманова, Р.Г. Новикова, М.Ю. Зубкова, В.М. Добрынина, И.В. Гончарова и других исследователей проводятся данные о её строении, физических свойствах, вещественном составе, геохимии органического вещества, а также о генезисе самих пород и моделях формирования коллектора и

нефтяных залежей. Данный интерес во многом связан с аномальными (по отношению к традиционным коллекторам) физическими свойствами пород, характеризующихся высоким содержанием органического вещества, пониженной плотностью при низкой пористости (от нескольких процентов), высоким водородным индексом (низкие показания нейтронного каротажа, определяемые высоким содержанием водорода), высоким сопротивлением, а также повышенной радиоактивностью [4]. Также, важнейшей особенностью баженовской свиты является неоднородность её литологического состава по разрезу и площади [5, 6, 7].

Установлено, что баженовская свита сложена преимущественно глинистыми, кремнистыми, карбонатными минералами и органическим веществом, которые в различных сочетаниях образуют 4 основных класса (силициты, карбонаты, аржиллиты, микститы) и 16 подклассов пород (литотипов) [8].

В изучаемом районе (рис. 1) нижняя часть баженовской свиты сложена преимущественно силицитами и керогеновыми силицитами с прослоями радиоляритов и карбонатов; средняя часть, как правило, состоит из микститов кероген-кремнистых с прослоями силицитов-радиоляритов с известковыми линзами и прослоями, в то время как верхняя часть представлена переслаиванием микститов кероген-глинистых и кероген-кремнисто-карбонатных с остатками кокколитофорид [5]. Лучшими фильтрационно-емкостными свойствами в разрезе баженовской свиты обладают трещинно-поровые и трещинно-кавернозные прослои карбонатов и вторично преобразованных карбонатизированных радиоляритов, а в некоторых районах – керогеновые силициты [9].



Рис. 1. Обзорная карта территории исследования.

Слабая охарактеризованность баженовской свиты керновым материалом, отсутствие достоверных методов изучения, а также временные и финансовые затраты, требуемые для проведения лабораторных исследований, обуславливают необходимость развития методик для выявления взаимосвязей между экспериментальными (литологическими, геохимическими, петрофизическими) данными и физическими параметрами пород. Также необходимо отметить появление новых методов увеличения нефтеотдачи и интенсификации притока, которые позволят извлекать углеводороды из кремнистых, кероген-кремнистых и кремнисто-карбонатных разностей [1, 2]. Разработка представленной в настоящей статье методики позволит количественно определять содержание основных породообразующих компонентов и выделять литологические типы пород с целью количественного выявления проницаемых интервалов в баженовской свите.

Методика

В данной работе на примере скважины №1 Повховской площади авторами были выявлены связи «керна – ГИС» между количественным составом основных породообразующих компонентов и физическими параметрами пород в разрезе (рис. 2). При построении связей использованы электрические (боковой каротаж (БК), микроградиент (МГЗ) и микропотенциал (МПЗ) зонды, микробоковой каротаж (МБК) и радиоактивные методы каротажа (гамма-каротаж (ГК), гамма-гамма плотностной каротаж (ГГК-П), нейтронный гамма-каротаж (НГК), нейтронный каротаж по тепловым нейтронам (большой (НКТБ) и малый (НКТМ) зонды). Для более удобного выполнения исследования, построения зависимостей и последующего расчета литологического состава в близкорасположенных скважинах, все значения ГИС нормированы от 0 до 100.

Последующая обработка, согласование данных «керна-ГИС» и построение зависимостей значений основных породообразующих компонентов от нормированных характеристик геофизических исследований скважин производилась в программном пакете GeoOffice Solver, где с помощью статистических графиков проанализированы двух- и трехмерные зависимости содержания каждого отдельного компонента от значений одного или двух методов каротажа, соответственно. Данный программный пакет позволяет определить коэффициент детерминации и погрешность полученной взаимосвязи, на основе которых в последующем и отбирались зависимости. После выбора лучших зависимостей, был выполнен расчет литологического состава для скважины №2 Повховской площади и осуществлен анализ полученных результатов.

Результаты

Как говорилось ранее, баженовская свита характеризуется аномально-высокой естественной радиоактивностью пород, которая на 80-90% обусловлена высоким содержанием урана. Влияние тория и калия на радиоактивность является незначительным [4, 10]. Сорбции урана, как и накоплению органического вещества, способствуют восстановительные аквагенные обстановки осадконакопле-

Авторами установлено, что интервалы с высоким содержанием ОВ характеризуются повышенными значениями водородосодержания и пониженными значениями объемной плотности. Таким образом, устойчивые двумерные зависимости значений органического вещества были получены от радиоактивных методов каротажа: ГК, ГГК-П, а также кривой водородосодержания W (рассчитанной на основе нейтронных методов). Далее были построены трехмерные зависимости содержания ОВ от двух методов каротажа. Лучшая связь с ОВ была получена от ГГК-П и НКТМ.

Содержание пирита, в основном, тесно связано с содержанием органического вещества [13]. Таким образом, для пирита хорошие зависимости получены от ГК и кривой водородосодержания. Лучшая корреляционная связь получена от W, W и ГК, а также W и ГГК-П.

Содержание глинистых минералов имеет хорошую зависимость от плотности пород, а также нейтронных методов, реагирующих на водородосодержание (от ГГК-П; от ГГК-П и W; от НКТМ).

Для расчета количественного содержания кремнистого материала и карбонатных минералов (суммы содержания кальцита и доломита) разрез баженновской свиты был разделен на два интервала: преимущественно карбонатный пласт, приуроченный к силицитовой пачке в нижней части разреза, и остальную часть разреза (основной интервал) (рис. 2).

Для основного интервала разреза получены зависимости между суммой значений глинистых и кремнистых компонентов и естественной радиоактивностью (от ГК, от ГК и МБК) и объемной плотностью (от ГГК-П, от ГГК-П, от ГГК-П и ГК). Далее для этого интервала, из рассчитанных на основе полученной зависимости значений суммы глинистых и кремнистых компонентов были вычтены расчетные значения глинистого материала и получено количественное содержание кремнистого вещества.

$$\text{Кремн}_{\text{осн.инт.}} = \sum_{\text{осн.инт.}} \text{Кремн. и глин.} - \text{Глин.}_{\text{осн.инт.}}$$

Содержание карбонатных минералов для основного интервала разреза, было рассчитано путем вычитания из ста процентов рассчитанных значений органического вещества, пирита, суммы глинистых и кремнистых минералов.

$$\text{Карб}_{\text{осн.инт.}} = 100 - (\text{ОВ}_{\text{осн.инт.}} + \text{Пирит}_{\text{осн.инт.}} + \text{Глин}_{\text{осн.инт.}} + \text{Кремн}_{\text{осн.инт.}})$$

Для карбонатного интервала была получена трехмерная зависимость содержания суммы кальцита и доломита от нейтронных методов каротажа НКТМ и НКТЬ. Содержание кремнистого вещества было рассчитано по формуле:

$$\text{Кремн}_{\text{кар.инт.}} = 100 - (\text{ОВ}_{\text{кар.инт.}} + \text{Пирит}_{\text{кар.инт.}} + \text{Глин}_{\text{кар.инт.}} + \text{Карб}_{\text{кар.инт.}})$$

На основе установленных взаимосвязей «кern-ГИС» рассчитано содержание основных породообразующих компонентов и пирита (рис. 2). Полученные значения имеют хорошие связи с экспериментальными данными, что подтверждается высокими значениями коэффициента детерминации (от 0.65 до 0.89). На основе непрерывных профилей значений количественного содержания органического вещества, пирита, глинистого, кремнистого и карбонатного материалов была построена объемная модель (рис. 2).

На основе полученных зависимостей «кern-ГИС» рассчитано содержание основных породообразующих компонентов и пирита в скважине №2 Повховской площади, находящейся на расстоянии 10 км от базовой скважины. Сумма породообразующих компонентов в скважине Повховская-2 составила порядка 100% в каждой точке разреза баженовской свиты, что указывает на корректность полученных результатов. Полученные корреляционные связи «кern-ГИС» для базовой скважины, близкое расположение к ней скважины №2 Повховской площади, сходный облик и близкие значения каротажных диаграмм позволяют полагать о корректно рассчитанном литологическом составе.

Предлагаемая методика является развитием комплексной литолого-геофизической интерпретации данных ГИС для определения литологического состава баженовской свиты, представленной в работах [14, 15, 16, 17, 18].

Выводы

На основе комплексного анализа лабораторных исследований керна, а также электрических и радиоактивных методов геофизических исследований скважин получены взаимосвязи «кern-ГИС», на основе которых рассчитано количественное содержание основных породообразующих компонентов и построена объемная литологическая модель для скважины №1 Повховской площади. Показана возможность использования полученных зависимостей для расчета литологического состава баженовской свиты в близко расположенных скважинах (до 15 км), не охарактеризованных керновым материалом, а также обоснованы условия применимости предлагаемой методики.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Проекта РФФИ 20-35-90049 Аспиранты «Разработка методики расчета литологического состава и пустотного пространства баженовской свиты Западной Сибири на основе комплексного анализа экспериментальных данных».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Зубков М.Ю., Скрылев С.А., Бондаренко, П.М., Бачин С.И., Кос И.М., Медведев Н.Я., Чуйко А.И. Методы оценки перспектив нефтегазоносности баженовской и абалакской свит // Пути реализации нефтегазового потенциала ХМАО (вторая научно-практическая конференция). – Ханты-Мансийск. – 1999. – С.206-222.
2. The Fossil Fuel Revolution: Shale Gas and Tight Oil / Daniel J. Soeder, Scyller J. Borglum. – Elsevier, 2020. – 358 p.
3. Нефть и газ низкопроницаемых сланцевых толщ – резерв сырьевой базы углеводородов России / О.М. Прищепа, О.Ю. Аверьянова, А.А. Ильинский, Д. Морариу; под ред. О.М. Прищепы. – СПб.: ФГУП «ВНИГРИ», 2014. – 323 с.

4. Калмыков Г.А., Балешкина, Н.С., Алешин А.П., Глебочева Н.К. Об особенностях распределения радиоактивности в породах баженовской свиты на западном склоне Сургутского свода Западной Сибири // Вестн. моск. ун-та. – 2009. - № 1. – С.38-46.
5. Эдер В.Г., Замирайлова А.Г., Жигульский И.А. Литология баженовской свиты в районах Хантейской гемиянтеклизы и Межовского мегамыса Западно-Сибирского нефтегазозонного бассейна // Геология нефти и газа. – 2016. – № 6. – С. 87 – 96.
6. Эдер В.Г., Костырева Е.А., Юрченко А.Ю., Балужкина Н.С., Сотнич И.С., Козлова Е.В., Замирайлова А.Г., Савченко Н.И. Новые данные о литологии, органической геохимии и условиях формирования баженовской свиты Западной Сибири // Георесурсы. – 2019. – Т. 21. – № 2. – С. 129-142.
7. Коробова Н.И., Макарова О.М., Калмыков Г.А., Петракова Н.Н., Юрченко А.Ю., Шарафутдинов В.Ф., Корост С.Р., Калабин В.В. Основные типы разрезов нефтеносной баженовской свиты на северо-востоке Сургутского свода // Вестник Московского университета. Серия 4: Геология. – 2015. – № 5. – С.54-61.
8. Конторович А.Э., Ян П.А., Замирайлова А.Г., Костырева Е.А., Эдер В.Г. Классификация пород баженовской свиты // Геология и геофизика. – 2016. – Т. 57. - № 11. – С. 2034-2043.
9. Славкин В.С., Алексеев А.Д., Колосков В.Н. Некоторые аспекты геологического строения и перспектив нефтеносности баженовской свиты на западе Широкого Приобья // Нефтяное хозяйство. – 2007. - № 8. – С.100-104.
10. Старков В.Д., Александров А.С. Радиоэкологическая оценка битуминозных отложений баженовской свиты Западной Сибири // Вестн. тюм. гос. ун-та. – 2013. - № 12. – С.29-33.
11. Неручев С.Г. Эпохи радиоактивности в истории Земли и развитие биосферы // Геология и геофизика. – 1976. – № 5. – С. 3-13.
12. Неручев С.Г. Взаимосвязь эпох накопления органического вещества и урана с рубежами развития органического мира // Материалы VIII Международного конгресса по органической геохимии «Геохимия современных ископаемых осадков». – 1982. – С. 5-15.
13. Эдер В.Г. Пиритизация пород зон перехода черносланцевой толщи к вмещающим отложениям на примере баженовской свиты Западной Сибири // Литология и полезные ископаемые. – 2020. - №3. – С.257-271.
14. Павлова М.А., Эдер В.Г., Замирайлова А.Г. Модель баженовской свиты на примере данных участка Салымского месторождения // Геология нефти и газа. – 2015. – №3. – С. 57-62.
15. Калмыков Г.А., Балужкина Н.С. (2017). Модель нефтенасыщенности порового пространства пород баженовской свиты Западной Сибири и ее использование для оценки ресурсного потенциала. – М: ГЕОС. – 246 с.
16. Федосеев А.А., Глинских В.Н., Казаненков В.А. Относительное содержание породообразующих компонентов и основные литологические типы пород баженовской свиты и ее стратиграфических аналогов по данным геофизических исследований скважин и керна // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2018. – Т. 13. – № 2. – С. 1-19. http://www.ngtp.ru/rub/2/15_2018.pdf.
17. Глинских В.Н., Федосеев А.А. Новый подход к литолого-электрофизической интерпретации данных электромагнитных зондирований в интервалах баженовской свиты // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2019. – № 4. – С. 80-88.
18. Эпов М.И., Глинских В.Н., Петров А.М., Сухорукова К.В., Федосеев А.А., Нечаев О.В., Никитенко М.Н. Частотная дисперсия электрофизических характеристик и электрическая анизотропия пород баженовской свиты по данным электрокаротажа // Нефтяное хозяйство. – 2019. – № 9. – С. 62-64.

REFERENCES

1. Zubkov M.YU., Skrylev S.A., Bondarenko, P.M., Bachin S.I., Kos I.M., Medvedev N.YA., CHujko A.I. Metody ocenki perspektiv neftegazonosnosti bazhenovskoj i abalaskoj svity // Puti realizacii neftegazovogo potenciala HMAO (vtoraya nauchno-prakticheskaya konferenciya). – Hanty-Mansijsk. – 1999. – S.206-222.
2. The Fossil Fuel Revolution: Shale Gas and Tight Oil / Daniel J. Soeder, Scyller J. Borglum. – Elsevier. – 2020. – 358 p.
3. Neft' i gaz nizkopronicaemyh slancevyh tolshch – rezerv syr'evoj bazy uglevodorodov Rossii / O.M. Prishchepa, O.YU. Aver'yanova, A.A. Il'inskij, D. Morariu; pod red. O.M. Prishchepy. – SPb.: FGUP «VNIGRI», 2014. – 323 s.
4. Kalmykov G.A., Baleshkina, N.S., Aleshin A.P., Glebocheva N.K. Ob osobennostyah raspredeleniya radioaktivnosti v porodah bazhenovskoj svity na zapadnom sklone Surgut'skogo svoda Zapadnoj Sibiri // Vestn. mosk. un-ta. – 2009. - №1. – S.38-46.
5. Eder V.G., Zamirajlova A.G., ZHigul'skij I.A. Litologiya bazhenovskoj svity v rajonah Hantejskoj gemianteklizy i Mezhovskogo megamysa Zapadno-Sibirskogo neftegazonosnogo bassejna // Geologiya nefiti i gaza. – 2016. – № 6. – S. 87 – 96.
6. Eder V.G., Kostyreva E.A., YUurchenko A.YU., Balushkina N.S., Sotnich I.S., Kozlova E.V., Zamirajlova A.G., Savchenko N.I. Novye dannye o litologii, organicheskoj geohimii i usloviyah formirovaniya bazhenovskoj svity Zapadnoj Sibiri // Georesursy. – 2019. – T. 21. – № 2. – S. 129-142.
7. Korobova N.I., Makarova O.M., Kalmykov G.A., Petrakova N.N., YUurchenko A.YU., SHarafutdinov V.F., Korost S.R., Kalabin V.V. Osnovnye tipy razrezov neftenosnoj bazhenovskoj svity na severo-vostoke Surgut'skogo svoda // Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 4: Geologiya. – 2015. – № 5. – S.54-61.
8. Kontorovich A.E., YAn P.A., Zamirajlova A.G., Kostyreva E.A., Eder V.G. Klassifikaciya porod bazhenovskoj svity // Geologiya i geofizika. – 2016. – t.57. - №11. – S.2034-2043.
9. Slavkin V.S., Alekseev A.D., Koloskov V.N. Nekotorye aspekty geologicheskogo stroeniya i perspektiv neftenosnosti bazhenovskoj svity na zapade SHirotnogo Priob'ya // Neftyanoe hoz'yajstvo. – 2007. - №8. – S.100-104.
10. Starkov V.D., Aleksandrov A.S. Radioekologicheskaya ocenka bituminoznyh otlozhenij bazhenovskoj svity Zapadnoj Sibiri // Vestn. tyum. gos. un-ta. – 2013. - №12. – S.29-33.
11. Neruchev S.G. Epohi radioaktivnosti v istorii Zemli i razvitie biosfery // Geologiya i geofizika. – 1976. – № 5. – S. 3-13.
12. Neruchev S.G. Vzaimosvyaz' epoh nakopleniya organicheskogo veshchestva i urana s rubezhami razvitiya organicheskogo mira // Materialy VIII Mezhdunarodnogo kongressa po organicheskoj geohimii «Geohimiya sovremennyh iskopaemyh osadkov». – 1982. – S. 5-15.
13. Eder V.G. Piritizaciya porod zon perekhoda chernoslancevoj tolshchi k vmeshchayushchim otlozheniyam na primere bazhenovskoj svity Zapadnoj Sibiri // Litologiya i poleznye iskopaemye. – 2020. - №3. – S.257-271.
14. Pavlova M.A., Eder V.G., Zamirajlova A.G. Model' bazhenovskoj svity na primere dannyh uchastka Salym'skogo mestorozhdeniya // Geologiya nefiti i gaza. – 2015. – №3. – S. 57-62.
15. Kalmykov G.A., Balushkina N.S. (2017). Model' neftenasyshchennosti porovogo prost'ranstva porod bazhenovskoj svity Zapadnoj Sibiri i ee ispol'zovanie dlya ocenki resursnogo potenciala. M: GEOS. – 246 s.
16. Fedoseev A.A., Glinskih V.N., Kazanenkov V.A. Otnositel'noe sodержanie prodoobrazuyushchih komponentov i osnovnye litologicheskie tipy porod bazhenovskoj svity i ee stratigraficheskikh analogov po dannym geofizicheskikh issledovanij skvazhin i kerna // Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika. – 2018. – T. 13. – № 2. – S. 1-19. http://www.ngtp.ru/rub/2/15_2018.pdf.

17. Glinskih V.N., Fedoseev A.A. Novyj podhod k litologo-elektrofizicheskoj interpretacii dannyh elektromagnitnyh zondirovanij v intervalah bazhenovskoj svity // Geologiya i mineral'no-syr'evye resursy Sibiri. – 2019. – № 4. – S. 80-88.

18. Epov M.I., Glinskih V.N., Petrov A.M., Suhorukova K.V., Fedoseev A.A., Nechaev O.V., Nikitenko M.N. CHastotnaya dispersiya elektrofizicheskih harakteristik i elektricheskaya anizotropiya porod bazhenovskoj svity po dannym elektrokarotazha // Neftyanoe hozyajstvo. – 2019. – № 9. – S. 62-64.

© *P. M. Саитов, М. А. Фомин, Е. А. Костырева, С. В. Рыжкова,
И. С. Сотнич, В. Г. Эдер, 2021*