

Литолого-фациальные особенности нижнеказанских отложений по данным ЭПР на примере Горского месторождения СВН

Мударисова Р.А.¹, Успенский Б.В.^{1,2}, Волков Ю.В.^{1,2}, Хасанова Н.М.¹, Баранова А.Г.²

¹Казанский (Приволжский) федеральный университет, ²Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, Казань, Россия
rayshania@mail.ru

Аннотация

В работе рассмотрено неоднородное строение карбонатных пород-коллекторов среднеказанского возраста Горского месторождения сверхвязкой нефти (СВН), тектонически приуроченного к Восточному борту Мелекесской впадины, по парамагнитным меткам (ПМ). Применение метода электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) для изучения карбонатных пород широко распространено, так как позволяет получить информацию об особенностях формирования, неоднородности строения карбонатных пород, детализировать их строение для решения многих задач, в том числе расчленения и геологической корреляции верхнепалеозойских отложений.

Материалы и методы

Данные с результатами исследования кернового материала битуминозных карбонатов нижнеказанского яруса Горского месторождения РТ методом электронного парамагнитного резонанса (ЭПР).

Ключевые слова

сверхвязкие нефти, СВН, тяжелые нефти, казанские отложения, нефтяной коллектор, битумы, электронный парамагнитный резонанс, ЭПР

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты №№ 18-45-160003; 19-35-90060).

Для цитирования

Мударисова Р.А., Успенский Б.В., Волков Ю.В., Хасанова Н.М., Баранова А.Г. Литолого-фациальные особенности нижнеказанских отложений по данным ЭПР на примере Горского месторождения СВН // Экспозиция Нефть Газ. 2020. № 6. С. 48–51. DOI: 10.24411/2076-6785-2020-10115

Поступила в редакцию: 30.09.2020

Lithological and facies features of the lower kazanian sediments according to EPR data on the example of the Gorsky SVO deposit

Mudarisova R.A.¹, Uspensky B.V.^{1,2}, Volkov Yu.V.^{1,2}, Khasanova N.M.¹, Baranova A.G.²

¹Kazan (Volga region) Federal University, ²Institute for Problems Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan Academy of Sciences, IPEM TAS, Kazan, Russia
rayshania@mail.ru

Abstract

In this paper, we consider the heterogeneous structure of carbonate rocks-reservoirs of the middle kazanian age of the Gorsky SVO deposit, tectonically confined to the eastern side of the Melekess Depression, according to paramagnetic marks (PM). The use of the electron paramagnetic resonance (EPR) method for studying carbonate rocks is widespread, as it allows obtaining information about the formation features, heterogeneity of the structure of carbonate rocks, and detailing their structure to solve many problems, including the dismemberment and geological correlation of upper Paleozoic sediments.

Materials and methods

Results of core material bitumen carbonates study of the lower-kazanian stage of the Gorsky Deposit in Tatarstan by electron paramagnetic resonance (EPR).

Keywords

ultra-viscous oils, SVO, heavy oils, kazanian sediments, oil reservoir, bitumen, electronic paramagnetic resonance, EPR

For citation

Mudarisova R.A., Uspensky B.V., Volkov Yu.V., Khasanova N.M., Baranova A.G. Lithological and facies features of the lower kazanian sediments according to EPR data on the example of the Gorsky SVO deposit. Exposition Oil Gas, 2020, issue 6, P. 48–51. (In Russ).

DOI: 10.24411/2076-6785-2020-10115

Received: 30.09.2020

Объект исследования

Объект изучения — продуктивные карбонаты Горского месторождения сверхвязкой нефти (СВН), занимающего в административном положении граничную часть южной территории Республики Татарстан и Самарской области. Основными продуктивными отложениями месторождения являются оолитовые и реликтово-органогенные пористые доломиты камышлинского слоя казанского яруса, толщиной до 20 м. Камышлинские отложения имеют сложное фациальное строение и поделены [1] на два слоя:

- 1) доломит оолитовый, реликтово-органогенный, кавернозный, реже загипсованный, с открытой пористостью 4,6–27 %, битумонасыщенностью по массе 0,4–10,9 %;
- 2) доломит оолитовый, кавернозный, загипсованный, реликтово-органогенный, глинистый с открытой пористостью 7,5–31 %, битумонасыщенностью по массе 1,1–11 %.

По данным микроописания керна среди коллекторов нижеказанского подъяруса встречаются следующие разновидности:

- 1) оолитовый доломит без четко выраженного центра и лучей (псевдооолитовый);

- 2) доломит оолитовый, с четко выраженным центром и сферическими оболочками;
- 3) доломит мелкокомковатый, реликтово-органогенный, местами оолитовый;
- 4) доломит тонкозернистый, местами глинистый, реже комковато-пористый. Битумонасыщение пород первого и второго типа сплошное, более или менее интенсивное. Характерной особенностью пород является развитие крупнокристаллического вторичного гипса по микротрещинам и крупным порам.

Метод исследования

Для исследования методом электронно-парамагнитного резонанса (ЭПР) выбраны 33 до/после экстракции образца ядерного материала из 7 скважин с отбором 0,5–1,5 м с продуктивных отложений.

Методика выполнения работ методом ЭПР: образцы ядерного материала измельчались в агатовой ступке, далее измельченные пробы, массой от 20 до 100 мг, помещались в установку EPR Spectrometer CMS 8400 при частоте 9,3 ГГц с амплитудой разверстки $H = 500$ Гс. В качестве стандарта выбран

сигнал ЭПР Cr^{+3} в корунде. Образцы вначале нагревались до температур 350, 600 °С, затем охлаждались до комнатной температуры 23 °С. Спектры ЭПР регистрировались с помощью программы EPRSCAN. Использовался алгоритм выявления парамагнитных центров (ПЦ), разработанный при изучении пермских отложений в работах [2, 3, 4].

Явление ЭПР, впервые открытое в 1940-х годах Завойским Е.К., основано на резонансном поглощении сверхвысокочастотной энергии переменного поля парамагнитным веществом, находящимся в сильном постоянном магнитном поле.

По интенсивности ионов марганца Mn^{2+} определяют относительную оценку карбонатности пород, состав карбонатов (кальцит, доломит). ПЦ также отражают состав сульфатной, терригенной (кварцевой) составляющих, ожелезненность. Фиксируются диагностические признаки, используемые при реконструкции обстановок осадконакопления. К их числу относятся ПЦ: ионы Mn^{2+} , Fe^{3+} , Fe^{2+} ; ион-радикалы SO_3^- , SO_2^- , PO_2^- ; радиационные E' -центры в кварце; углеродные радикалы C_{600} , C_{350} .

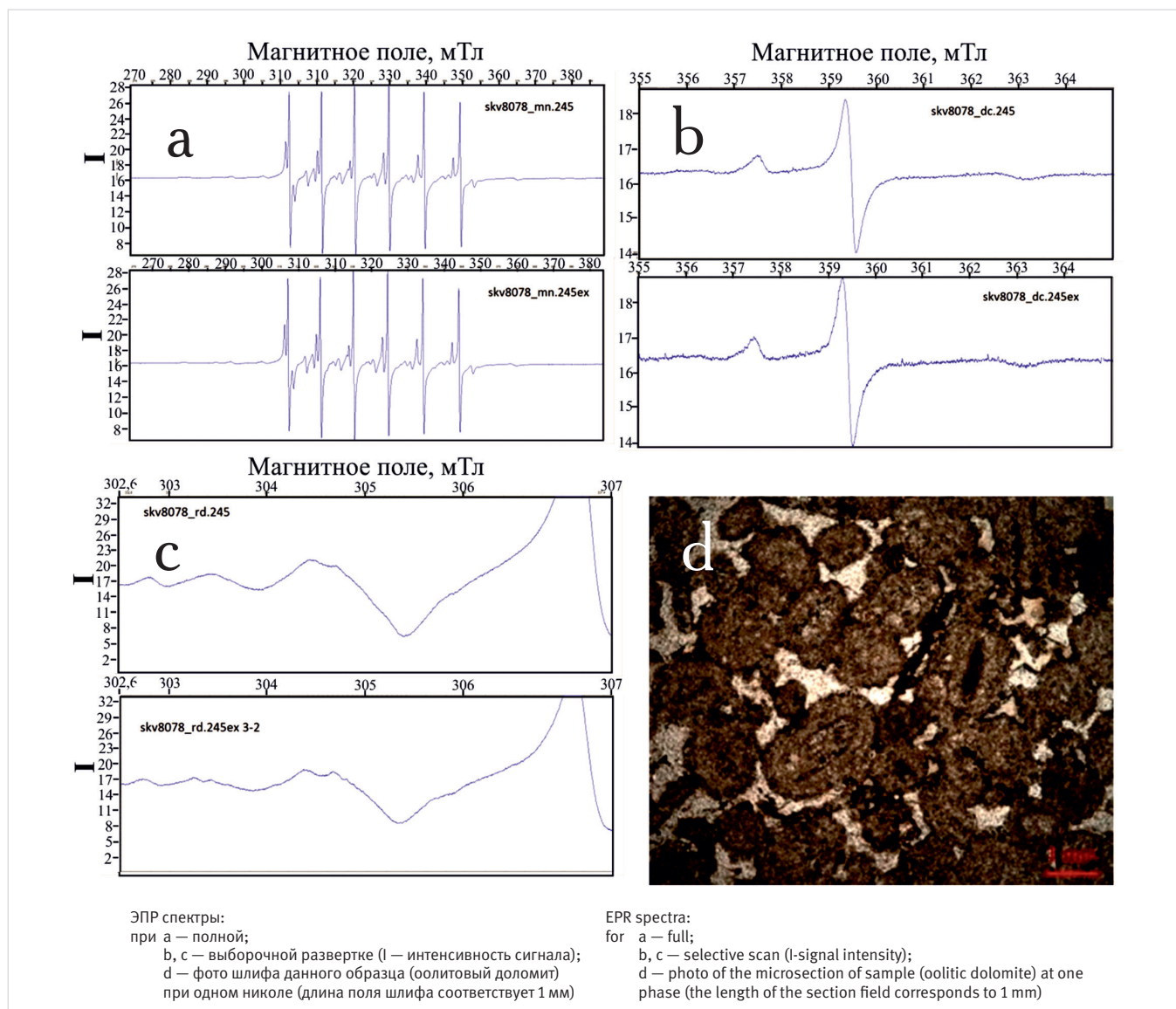


Рис. 1. Спектры ЭПР и микрофотография шлифа образца № 245 (глуб. отбора 300 м) (исходного и проэкстрагированного) скважины № 8078

Fig. 1. EPR spectra and microphoto of the section of sample No. 245 (depth 300 m) (source and extracted) well No. 8078

Химическая формула известняка CaCO_3 , доломита $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, гипса $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Ионы марганца Mn^{2+} , кальция Ca^{2+} и магния Mg^{2+} имеют одинаковую валентность. Поэтому ионы марганца Mn^{2+} занимают в известняке позиции кальция Ca^{2+} , а в доломите две позиции: кальция Ca^{2+} и магния Mg^{2+} . По соотношению сигналов, которые занимают ионы Mn^{2+} относительно Ca^{2+} и Mg^{2+} , можно определить палеографические условия, в том числе соляные и карбонатные растворы [3, 4].

Результаты и обсуждение

У исследуемых образцов наблюдается спектр ЭПР марганца Mn^{2+} , состоящий из шести ярких интенсивных линий с пиками ядерного спина ($I = 5/2$), и осложненный менее интенсивными линиями остальных электронных и ядерных спиновых переходов. Шестая линия оценивает спектр марганца Mn^{2+} . Спектр выглядит просто, имеется дефицит кальция Ca^{2+} , поэтому марганец Mn^{2+} занимает свободную позицию кальция Ca^{2+} .

Величина α является мерой заселенности позиции Ca^{2+} и Mg^{2+} и имеет эмпирическую формулу:

$$\alpha = 15 \cdot I(\text{Mg}^{2+}) / I(\text{Ca}^{2+}),$$

где I — интенсивность Mn^{2+} в позиции $\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$.

Рассуждение о соотношении магния Mg^{2+} и кальция Ca^{2+} важно для доломита. ЭПР фиксирует эту разницу. Если значение $\alpha \leq 2$, то обстановка была температурно невысокая и образование доломитов шло вместе с гипсами и ангидритами. По спектрам

ЭПР установлена доминирующая доломитовая минерализация (рис. 1).

Наблюдается дифференциация разреза камышлинского слоя. В верхней части разреза камышлинского слоя количество марганца колеблется в одних пределах, сильные изменения нет. Исходный и после экстракции образцы практически одинаковые, но они на уровне допустимых, и все они находятся в соседстве с гипсами. Отсутствие сульфат-радикалов говорит об умеренной солености бассейна седиментации и о морских условиях. Ширина линий в спектрах ЭПР и общее содержание марганца Mn^{2+} показывают терригенный снос в бассейн седиментации. Высокое содержание марганца Mn^{2+} и широкие линии (свыше 6–7 Гс) в образцах ядерного материала оолитовых доломитов, возможно, указывают на влияние терригенного сноса на процессы осадконакопления. Наличие неорганических радикалов SO_2^- и SO_3^- в карбонатных минералах является показателем раннего диagenеза карбонатных илов при участии сингенетического органического вещества либо пресыщения иловых растворов сульфатными ионами. Вторичная кальцитизация, наиболее часто затрагивающая реликтивно-органические и оолитовые разности доломитов, практически полностью уничтожает парамагнитные центры SO_2^- и SO_3^- в карбонатах, а также углеродные радикалы сингенетического органического вещества C_{600} , что также заметно практически при полном отсутствии данных радикалов в образцах. E' -центры относятся к кварцевой составляющей, нередко в составе

пирокластике. E' -центры наблюдаются только в образцах скважин, расположенных в северной и южной частях Горского поднятия. ПЦ R указывают на присутствие растительных углефицированных остатков, что наблюдается во всех исследуемых образцах.

В нижней части разреза идет переход от доломита к смеси доломита и кальцита. Появляется дополнительная линия, которая принадлежит марганцу, который находится в кальците (рис. 2). Произошли вторичные изменения — перекристаллизация. В области радикала присутствует линия PO_2^- , это означает, что была активная микробиологическая деятельность. Фосфор был в органических соединениях. Очень интенсивный сигнал серный, неорганических радикалов SO_2^- , SO_3^- говорит о том, что кальцит сингенетичный, взаимодействующий с органикой, и об активных восстановительных условиях осадконакопления. Часть доломита вторична.

Итоги

В ходе исследований установлено:

- 1) по спектрам Mn^{2+} доминирует доломитовая минерализация в образцах камышлинских отложений;
- 2) отсутствие сульфат-радикалов говорит об умеренной солености морского бассейна седиментации камышлинских отложений;
- 3) в большинстве образцов отмечается присутствие растительных углефицированных остатков, вероятно, имеющих аутигенное происхождение.

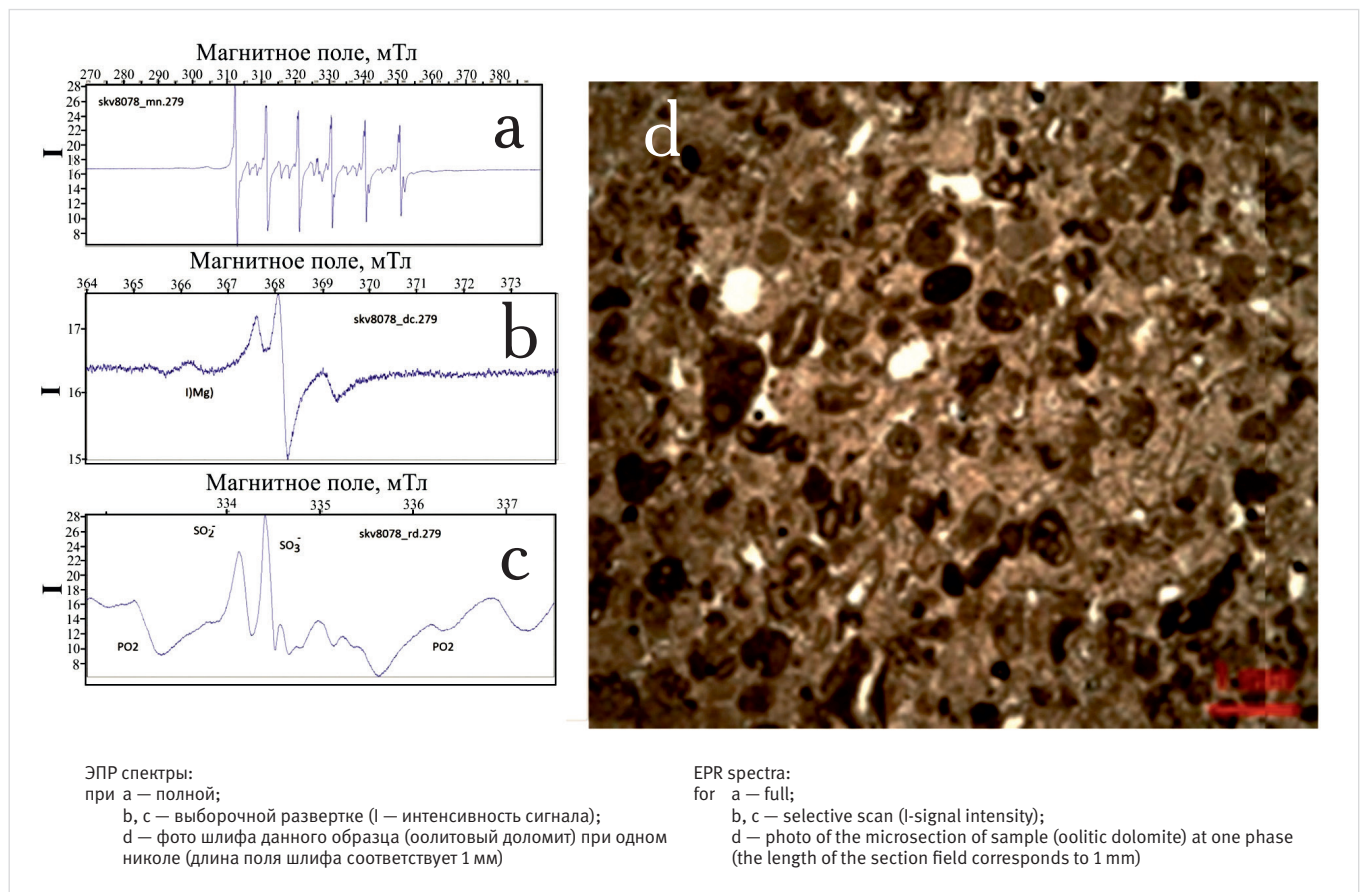


Рис. 2. Спектры ЭПР и микрофотография шлифа образца № 279 (глуб. отбора 315 м) скважины № 8078
 Fig. 2. EPR spectra and microphoto of the section of sample № 279 (depth 315 m) well № 8078

Выводы

Изменения содержания марганца Mn^{2+} , наличие или отсутствие неорганических радикалов SO_2^- и SO_3^- и других радикалов позволяет уточнить неоднородность строения карбонатных пород-коллекторов, обусловленную влиянием не только минералогических фаз, но и типов пустотного пространства.

Ранее в работе [5] показано, что оолитовые доломиты первично представляли собой фацию мелководных лагунных известковых образований, доломитизация которых могла быть связана как с влиянием морских вод повышенной солености, так и разбавлением в лагуне морских вод метеорными. Первая из

моделей является предпочтительной, так как склоновая фация представлена брекчиевидными доломитами, но не известняками.

Литература

1. Виноходова Г.В., Эллен С.С. О строении нижней части казанского яруса востока Мелекесской впадины и особенности распределения битумов. Казань: Казанский университет, 1985. С. 8–24.
2. Нурғалиева Н.Г., Аникина Е.А., Хасанова Н.М. Строение турнейских нефтеносных известняков южного склона Южно-Татарского свода по данным петрофизических и геохимических исследований // Нефтяное хозяйство. 2017. № 2. С. 46–49.
3. Нурғалиева Н.Г., Хасанова Н.М., Габдрахманов Р.Р. Условия формирования отложений уржумского яруса по данным ЭПР // Ученые записки Казанского университета. Естественные науки. 2010. Т. 152. Кн. 1. С. 226–234.
4. Фахрутдинов Э.И., Нурғалиева Н.Г., Хасанова Н.М., Силантьев В.В. Литолого-фациальные особенности нижнеказанских отложений по данным ЭПР опорного разреза // Ученые записки Казанского университета. Естественные науки. 2015. Т. 157. Кн. 3. С. 87–101.
5. Успенский Б.В., Валеева И.Ф. Геология месторождений природных битумов Республики Татарстан. Казань: Гарт, 2008. 348 с.

ENGLISH

Results

During the research, it was established:

- 1) dolomite mineralization in samples of kamyshlinsky sediments dominates the Mn^{2+} spectra;
- 2) the absence of sulfate-radicals indicates about normal salinity in marine sedimentation basin of the kamyshlinsky sediments;
- 3) most samples show the presence of charred plant residues likely of autigenic origin.

References

1. Vinokhodova G.V., Ellern S.S. On the structure of the lower part of the Kazan tier of the east of the Melekess depression and features of the distribution of bitumen. Kazan: Kazan State University, 1985, P. 8–24.
2. Nurgalieva N.G., Anikina E.A., Hasanova N.M. The tournesian reservoir limestones on core petrophysical and geochemical data (Southern slope of South-Tatarian arc). Oil industry, 2017, issue 2, P. 46–49.
3. Nurgalieva N.G., Khasanova N.M., Gabdrakhmanov R.R. Conditions of Urzhumian sediments formation according to EPR data. Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Estestvennye Nauki, 2010, Vol. 152, Book 1, P. 226–234.
4. Fakhrutdinov E.I., Nurgalieva N.G., Silantyev V.V., Khasanova N.M. Lithologic and facies features of the lower Kazanian sediments according to the EPR data of the reference section. Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Estestvennye Nauki, 2015, Vol. 157, Book 3, P. 87–101.
5. Uspenskiy B.V., Valeeva I.F. Geology of natural bitumen deposits in the Tatarstan Republic. Kazan: Garth, 2008, 348 p.

Conclusions

Changes in the content of Mn^{2+} manganese, the presence or absence of inorganic radicals SO_2^- and SO_3^- , and other radicals allow us to clarify the heterogeneity of the structure of carbonate reservoir rocks, due to the influence of not only mineralogical phases, but also types of void space. Earlier work [5] shows that the oolitic Dolomites initially was a shallow lagoon facies of calcareous formations, dolomitization could be related to effect of sea water salinity and dilution in the lagoon waters of meteoric. The first model is preferred, since the slope facies is represented by brecciated dolomites, but not limestones.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ | INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Мударисова Раушания Айдаровна, старший преподаватель кафедры геологии нефти и газа им. А.А. Трофимука, Институт геологии и нефтегазовых технологий, КФУ, Казань, Россия
Для контактов: rayshania@mail.ru

Успенский Борис Вадимович, заведующий кафедрой геологии нефти и газа им. А.А. Трофимука, Институт геологии и нефтегазовых технологий, КФУ; заведующий лабораторией геологического и экологического моделирования ИПЭН АН РТ, Казань, Россия

Волков Юрий Васильевич, доцент кафедры геологии нефти и газа им. А.А. Трофимука, Институт геологии и нефтегазовых технологий, КФУ; старший научный сотрудник лаборатории геологического и экологического моделирования ИПЭН АН РТ, Казань, Россия

Хасанова Наиля Мидхатовна, лаборант-исследователь НИЛ стратиграфии нефтегазоносных резервуаров Институт геологии и нефтегазовых технологий, КФУ, Казань, Россия

Баранова Анна Геннадьевна, старший научный сотрудник лаборатории геологического и экологического моделирования ИПЭН АН РТ, Казань, Россия

Mudarisova Raushania Aydarovna, senior lecturer of the department oil and gas geology named A.A. Trofimuk, Institute of Geology and Petroleum Technologies, KFU, Kazan, Russia
Corresponding author: rayshania@mail.ru

Uspenskiy Boris Vadimovich, head of the department oil and gas geology named A.A. Trofimuk, Institute of Geology and Petroleum Technologies, KFU; Head of the laboratory geological and ecological modeling, IPEM TAS, Kazan, Russia

Volkov Yuri Vasilievich, associate professor of the department oil and gas geology named A.A. Trofimuk, Institute of Geology and Petroleum Technologies, KFU; Senior Researcher, Laboratory of geological and ecological modeling, IPEM TAS, Kazan, Russia

Khasanova Naila Midkhatovna, laboratory researcher at the research laboratory stratigraphy of oil and gas reservoirs, Institute of Geology and Petroleum Technologies, KFU, Kazan, Russia

Baranova Anna Gennadievna, senior researcher, Laboratory of geological and ecological modeling, IPEM TAS, Kazan, Russia