

Влияние условий седиментации на продуктивность пород-коллекторов казанских отложений

Хазиев Р.Р.¹, Мударисова Р.А.², Волков Ю.В.^{1,2}, Анисимова Л.З.¹

¹Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, Казань, Россия, ²Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия
radmir361@mail.ru

Аннотация

Тенденция нарастающих объемов добычи нефти в Волго-Уральской нефтегазоносной провинции требует наращивания минерально-сырьевой базы путем открытия новых месторождений или ввода в разработку трудноизвлекаемых (нетрадиционных) запасов углеводородов. В Республике Татарстан нетрадиционными являются природные битумы (ПБ) или сверхвязкие нефти (СВН) казанского яруса, которые в настоящее время не вовлечены в разработку. Месторождения СВН в отложениях казанского яруса обычно представляют собой совокупность залежей, приуроченных к преимущественно карбонатным коллекторам, представляющих сложный коллектор в плане выработки запасов. Одним из таких месторождений является Горское месторождение СВН, расположенное на восточном борту Мелекесской впадины, на границе Республики Татарстан и Самарской области. В работе проведен литолого-фациальный анализ казанских отложений по данным кернового материала. Выделены наиболее перспективные участки выработки запасов по данным литологического описания кернового материала и опробования продуктивных пластов.

Материалы и методы

Теоретические: литолого-фациальные карты казанских отложений на территории Татарстана; концепция литолого-фациального анализа. Практические: табличные данные с детальным описанием кернового материала из поисковых скважин в пределах Горского месторождения, фотографии шлифов казанских отложений.

Ключевые слова

фациальный анализ, сверхвязкие нефти, карбонатный коллектор, фильтрационно-емкостные свойства, наложенный эпигенез

Для цитирования

Хазиев Р.Р., Мударисова Р.А., Волков Ю.В., Анисимова Л.З. Влияние условий седиментации на продуктивность пород-коллекторов казанских отложений // Экспозиция Нефть Газ. 2021. № 3. С. **–**. DOI: 10.24412/2076-6785-2021-3-**-**

Поступила в редакцию: 27.04.2021

GEOLOGY	UDC 551.3 I Original paper
---------	----------------------------

The influence of sedimentation conditions on the productivity reservoir rocks kazanian deposits

Khaziev R.R.¹, Mudarisova R.A.², Volkov Y.V.^{1,2}, Anisimova L.Z.¹

¹ Institute for problems of ecology and mineral wealth use of Tatarstan academy of sciences, Kazan, Russia, ²Kazan federal university, Kazan, Russia
radmir361@mail.ru

Abstract

The trend of increasing oil production in the Volga-Ural oil and gas province requires increasing the mineral resource base by opening new fields or entering into development of hard-to-recover (unconventional) hydrocarbon reserves. In Tatarstan Republic, natural bitumen (NB) and super-viscous oils (SVO) of the Kazanian stage are unconventional, which are not currently involved in development. SVO deposits in Kazanian stage sediments are usually a set of deposits confined to mainly carbonate reservoirs, representing a complex reservoir in terms of reserve development. One of these deposit is the Gorskoye SVO field, located on the Eastern side of the Melekess Depression, on the border of the Tatarstan Republic and the Samara Region. In present work, a lithological and facies analysis kazanian-age sediments was carried out based on the core material data. The most promising areas of reserves development are identified according to the data of the lithological description of the core material.

Materials and methods

Theoretical: lithological and facial maps of Kazanian sediments in the territory of Tatarstan; the concept of lithofacial analysis. Practical: tabular data with a detailed description of the core material from the exploratory wells within the Gorsky field, photos of the Kazan sediment sections.

Keywords

facies analysis, syper-viscous oils, carbonate reservoir, filtration-capacitance properties, imposed epigenesis

For citation

Khaziev R.R., Mudarisova R.A., Volkov Y.V., Anisimova L.Z. The influence of sedimentation conditions on the productivity reservoir rocks kazanian deposits. Exposition Oil Gas, 2021, issue 3, P. **–**. (In Russ). DOI: 10.24412/2076-6785-2021-3-**-**

Received: 27.04.2021

Введение

Палеоклиматические условия седиментации осадочных отложений напрямую определяют формирование как пород-коллекторов, природных резервуаров тяжелых нефтей и природных битумов, так и пород-покрышек, запечатывающих залежь и препятствующих их разрушению.

На территории Республики Татарстан (РТ) разведанные и поставленные на баланс запасы сверхвязких нефтей (СВН) сосредоточены: в терригенных отложениях уфимского яруса; в карбонатных отложениях казанского и частично сакмарского ярусов.

Следует отметить, что более половины всех числящихся на балансе запасов нефти сосредоточены в карбонатных резервуарах пермской системы [1]; и не исключено, что в будущем может быть поставлена задача вовлечения в разработку залежей СВН, сосредоточенных в карбонатном коллекторе.

Однако выработка запасов нефтей из карбонатных коллекторов несколько отличается от разработки терригенных коллекторов; основные сложности связаны с изменчивостью структуры пустотного пространства карбонатного коллектора в латеральном и вертикальном направлении, что в свою очередь создает сложности при выборе места успешного заложения новых скважин или бурения боковых стволов в вертикальных скважинах.

Вышеописанные факты определяют карбонатный тип резервуара как приоритетный для фундаментальных исследований.

Исходным материалом для исследований послужили табличные данные послойного описания кернового материала скважин, вскрывших казанские отложения в пределах Горского месторождения СВН (данные взяты из электронной базы «битум-банк» кафедры геологии нефти и газа им. А.А. Трофимука, КФУ).

Теоретическая часть

Изучаемое месторождение в тектоническом плане расположено в пределах Мелекесской впадины, где основной продуктивный горизонт — отложения казанского яруса (рис. 1); территориально эта область приурочена к южной части РТ.

Согласно предыдущим исследованиям ученых-геологов, изучавших пермские отложения, в том числе и казанские [5, 7, 8, 9, 11], южный и юго-восточный район Татарстана представлен хемогенными карбонатно-сульфатными

Табл. 1. Условия обитания организмов в палеозойское время [4]

Tab. 1. Habitat conditions of organisms in the Paleozoic time [4]

Фауна	Условия обитания организмов в палеозойской эре
Фораминиферы, мшанки	Большинство мшанок и фораминифер палеозоя были обитателями мелководья в теплых тропических морях, в зоне подвижного мелководья
Брахиоподы	Брахиоподы палеозоя и мезозоя населяли обширные области мелководья (30–200 м), и только в третичное (олигоцен-миоценовое) время они продвинулись на большие глубины
Пелециподы	Двустворчатые моллюски в палеозой-кайнозойское время обитали на поверхности, особенно в мелководных зонах и на плотных грунтах. Они прикреплялись «биссусом» — пучком органических волокон, оплетая этими нитями камни, раковины и другие предметы
Кораллы	Кораллы палеозоя в значительной степени зависели от света, они процветали лишь в достаточно освещенных слоях воды, что подтверждает находки их останков лишь в отложениях со сходной палеогеографической обстановкой. Эти данные позволяют сделать вывод, что коралловые полипы существовали на глубинах до 50 м, т.е. в неритовой зоне моря. Будучи представителями прикрепленного бентоса, кораллы нуждались в твердом субстрате — твердых участках дна, выступах пластов горных пород, скоплениях скелетных остатков умерших организмов. Вместе со строматопоратами колониальные кораллы прошлого образовывали массивные постройки типа биогермов и рифов

отложениями, формировавшимися в условиях лагун и мелководного морского бассейна. По рассмотренным авторами литолого-фациальным картам казанских отложений [2] и табличному описанию кернового материала на Горском месторождении эти данные подтверждаются.

Анализ полученных результатов

По макроописанию отложения казанского яруса представлены трещиноватыми и порово-трещинными доломитами и известняками; в некоторых случаях тонким переслаиванием доломитов с гипсами. Описание кернового материала выполнено с высокой детальностью — в большинстве скважин выявлены фаунистические остатки, такие как пелециподы, брахиоподы, кораллы. В шлифах чаще всего встречаются мшанки (рис. 2) и переотложенные неидентифицированные фаунистические остатки (сходные с фораминиферами).

В таблице 1 приведены сравнительные условия обитания биоты в палеозойское время. По данным таблицы 1, фаунистические остатки характерны для условий мелководно-го морского бассейна, что также согласуется с предыдущими исследованиями.

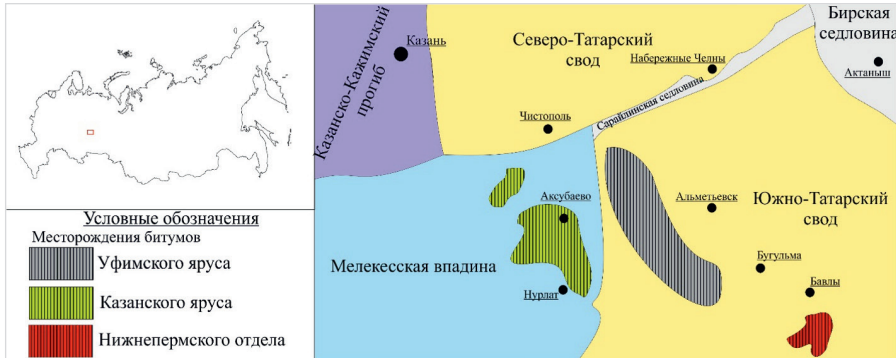


Рис. 1. Карта битумных месторождений южной и юго-восточной части РТ.

Масштаб 1:2 500 000 [6]

Fig. 1. Map of bitumen deposits in the southern and south-eastern part Tatarstan Republic.

Scale 1:2 500 000 [6]

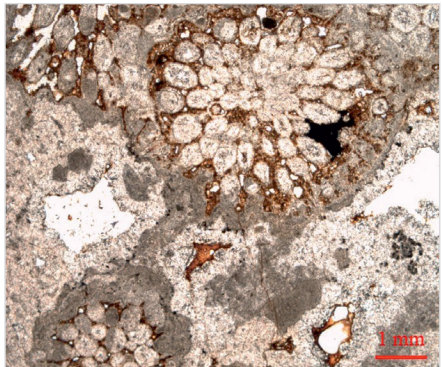


Рис. 2. Фотография шлифа образца

7931–72 в одном никеле. Органогенный известняк с остатками мшанок

Fig. 2. Photo of microsection sample 7931–72.

Organogenic limestone with there mains

of mosses

Табл. 2. Данные описания кернового материала казанских отложений
Tab. 2. Description of the core material of the Kazanian sediments

№ скв.	Литология	Структурно-текстурные признаки	Фауна	Код литотипа
92	Доломиты	Поры, каверны	Брахиоподы, пелециподы, мшанки	I
95	Доломиты	Трещины	Пелециподы, брахиоподы	I
97	Известняки, доломиты	Поры	Пелециподы, брахиоподы, кораллы	I
99	Загипсованные доломиты, прослой гипса	Поры, мелкие трещины	Пелециподы, брахиоподы	II
100	Доломиты, гипсы	Плотные	Кораллы, брахиоподы	II
103	Доломиты, гипсы	Плотные с мелкими трещинами	Брахиоподы	II
105	Доломиты	Поры	Брахиоподы, пелециподы	I
109	Доломиты	Поры	Пелециподы	I
114	Доломиты	Поры	Брахиоподы	I
117	Доломиты	Поры	Брахиоподы	I
124	Известняки, доломиты	Поры	Брахиоподы	I
128	Доломиты	Поры, каверны	Пелециподы, брахиоподы	I
131	Переслаивание доломита и гипса	Плотные	–	II
149	Доломиты с прослоями гипса	Поры, трещины	Пелециподы, брахиоподы	II
154	Известняки, доломиты	Трещины, поры	Брахиоподы	I
173	Доломиты	Поры	Пелециподы, брахиоподы, мшанки	I

По косвенным данным предположение о формировании атоллов в исследуемом районе подтверждается.

Аналогичная картина формирования лагунных отложений наблюдается и в современное время около Мальдивских островов, где коралловый остров либо архипелаг имеет вид сплошного или разорванного кольца, окружающего лагуну (рис. 5).

2. Согласно данным [2], в казанское время происходили периодические колебания уровня морского бассейна с осушением морского бассейна седиментации. В таких условиях не исключено формирование эрозионно-карстовых воронок, которые в случае трансгрессивного цикла заполнялись морскими водами и представляли собой отдельные соленые озера или, возможно, лагуны и заливы с неактивным или слабоактивным водообменом (рис. 6).В таких условиях при

хемогенном осаждении осадков не исключено образование отдельных слоев эвапоритов (гипс, ангидрит) наряду с карбонатами.

Как показали данные макроописания кернового материала (табл. 2), литотипы (I) и (II) представлены порово-трещинным и трещинным типом коллектора на всей территории месторождения; в большинстве случаев наблюдается пятнисто-полосчатая и сплошная интенсивная пропитка битумной нефтью.

В пяти скважинах из шести опробованных на месторождении при испытании продуктивных казанских отложений были получены притоки битумной нефти. Как показали результаты полученных притоков из отложений казанского яруса (табл. 3), наибольшие дебиты (0,5–0,75 м³/сут) получены из скважин, находящихся в зоне литотипа (I) — пористых и трещиноватых доломитов; в зоне карбонатно-сульфатного

литотипа (II) получены притоки в разы меньше (в основном — непромышленные).

Очевидно, низкие притоки нефти, полученные в скважинах, находящихся в зоне (II), связаны с прослоями непроницаемых пород (гипсы, ангидриты), создающих препятствие фильтрации флюидов в поровом пространстве пород-коллекторов. В разрезе скв. 99 (табл. 2) отмечаются загипсованные доломиты; следовательно, ухудшенные показатели разработки в зоне литотипа (II) связаны также с вторичными процессами, происходящими в карбонатных коллекторах — зарастание пустотного пространства вторичным гипсом [10].

Вышеописанное явление изложено в работе [12], где в отложениях верхнесакмарского подъяруса породы представлены карбонатными коллекторами, где ярко проявляются процессы вторичного зарастания

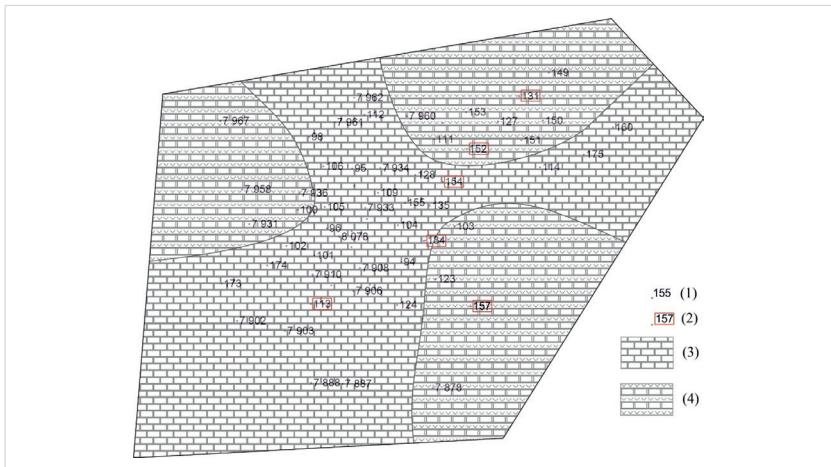


Рис. 3. Карта смены литотипов Горского месторождения битумов.
Масштаб 1:50 000

1 — скважины, вскрывшие казанские отложения; 2 — скважины, давшие приток флюидов из казанских отложений; 3 — зона карбонатов; 4 — зона переслаивания карбонатов и сульфатов
Fig. 3. Map of lithotypes of the Gorsky bitumen deposit. Scale 1:50 000
1 — wells that opened the kazanian deposits; 2 — wells that gave an influx of fluids from the kazanian deposits; 3 — lithological zone of carbonates; 4 — lithological zone of interbedding of carbonates and sulfates

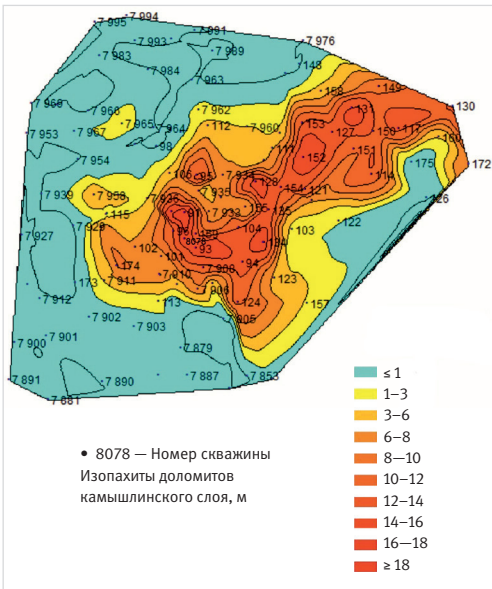


Рис. 4. Карта изопакит камышлинского горизонта. Масштаб 1:100 000

Fig. 4. Map of the isopachite of the Kamyslinian horizon. Scale 1: 100 000

Табл. 3. Результаты испытания казанских отложений
Tab. 3. The test results of the Kazanian sediments

№ скв.	Литологическая зона	Способ испытания	Результаты испытания
113	I	Желонка	Приток битумной нефти 0,5 м³/сут
134			Приток битумной нефти 0,75 м³/сут
154			Приток битумной нефти 0,1 м³/сут
131	II	Желонка	Приток отсутствует
152			Приток битумной нефти 0,2 м³/сут
157			Приток битумной нефти 0,01 м³/сут и пластовой воды 500 литров



Рис. 6. Схема формирования карстовых озер в раннеказанское время [2]

Fig. 6. Diagram of the formation karst lakes in the early kazanian time [2]

гипсом и формирования «потенциальной» зоны отсутствия коллектора.

Итоги

В ходе работы установлено:

- казанские отложения представлены поровым и порово-трещинным коллектором с обилием фаунистических остатков, характерных для мелководных морских бассейнов;
- породы-коллекторы представлены двумя основными литотипами, сменяющимися в северной, западной и юго-восточной частях месторождения;
- промышленные притоки получены из коллекторов, представленных карбонатным литотипом.

Выводы

В карбонатном коллекторе, как правило, пустотное пространство формируется путем выщелачивания и растворения матрицы породы [3]; однако в ходе изменения палеоклимата и периодического осушения бассейна седиментации вместе с карбонатами могут отлагаться и эвапориты, которые не подвержены (или мало подвержены) процессам

растворения. По полученным в настоящей работе данным, карты распространения литотипов можно использовать как инструмент при выборе приоритетных участков для заложения новых скважин в неоднородных карбонатных коллекторах, где встречаются непроницаемые или слабопроницаемые прослои.

Литература

- Вафин Р.Ф., Николаев А.Г., Валеева Р.Д. Породы-коллекторы сверхвязких нефтей уфимского комплекса Больше-Каменского месторождения и их свойства // Ученые записки Казанского государственного университета. Естественные науки. Т. 152. № 1. 2010. С. 215–225.
- Буров Б.В., Есаулова Н.К., Губарева В.С. Геология Татарстана: Стратиграфия и тектоника. М.: GEOS, 2003. 402 с.
- Гиматулинов Ш.К., Широкий А.И. Физика нефтяного и газового пласта. М.: Недра, 1982. 311 с.
- Ежова А.В. Литология. Томск: Томский политехнический университет, 2009. 336 с.
- Игнатьев В.И. Татарский ярус

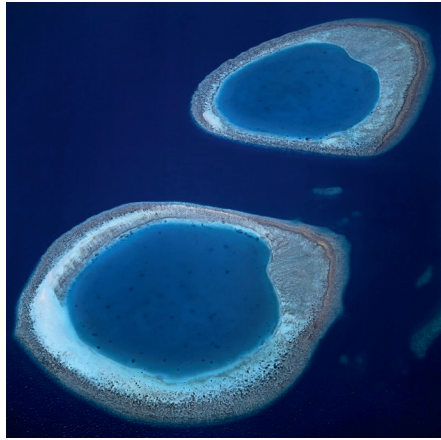


Рис. 5. Лагуны внутри атоллов в Индийском океане
Fig. 5. Lagoons inside atollsin the Indian Ocean

центральных и восточных областей Русской платформы. Стратиграфия. Казань: КГУ, 1962. Часть 1. 337 с.

- Малофеев В.В. Геологическое обоснование повышения эффективности освоения месторождений сверхвязких нефтей и природных битумов Татарстана. М.: РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2011. 24 с.
- Миропольский Л.М. Топогеохимическое исследование пермских отложений в Татарии. М.: АН СССР, 1956. 264 с.
- Тихвинская Е.И. Основы палеогеографии Востока Русской платформы в верхнепермское время. Доклады АН СССР, Том LXIV. 1949 г.
- Тропольский В.И. Пермские битумы Татарии. Казань: КГУ, 1976. 223 с.
- Сахибгареев Р.С. Вторичные изменения коллекторов в процессе формирования и разрушения нефтяных залежей. Ленинград: Недра, 1989. 258 с.
- Сементовский Ю.В. Условия образования месторождений минерального сырья в позднепермскую эпоху на востоке Русской платформы. Казань: Таткиноиздат, 1973. 256 с.
- Хазиев Р.Р., Андреева Е.Е., Анисимова Л.З., Фахрутдинов И.Р., Баранова А.Г. Некоторые аспекты формирования залежей сверхвязких нефтей в отложениях сакмарского яруса на территории Республики Татарстан // Экспозиция Нефть Газ. 2020. № 6. С. 52–55.

ENGLISH

Results

In the course of the work, it was established:

- kazanian sediments are represented by a pore and fissure-pore reservoir with an abundance of faunal remains typical of shallow marine basins;
- reservoirs are represented by two main lithotypes, alternating in the northern, western and south-eastern parts of the deposit;
- industrial inflows are obtained from reservoirs represented by the carbonate lithotype.

References

- Vafin R.F., Nikolaev A.G., Valeeva R.D. Ultra-viscous oil reservoirs in Ufa Complex of Bolshe-Kamensky deposit and its properties. Uchenye zapiski Kazanskogo gosudarstvennogo universiteta. Natural Sciences, Vol. 152, 2010, P. 215–225. (In Russ).
- Burov B.V., Esaulova N.K., Gubareva V.S. Geology of Tatarstan: stratigraphy and tectonics. Moscow: GEOS, 2003, 402 p. (In Russ).
- Gimatutdinov Sh.K., Shirkovskiy A.I. Physics

of the oil and gas reservoir. Moscow: Nedra, 1982, 311 p. (In Russ).

- Ezhova A.V. Lithology. Tomsk: Tomsk Polytechnic University, 2009, 336 p. (In Russ).
- Ignatiev V.I. Tatar stage of the central and

eastern regions of the Russian Platform. Stratigraphy. Kazan: KSU, 1962, Part 1, 337 p. (In Russ).

6. Malofeev V.V. Geological substantiation for improving the efficiency of the development of ultra-viscous oil and natural bitumen deposits in Tatarstan. Moscow: RGU nefti i gaza im. I.M. Gubkina, 2011, 24 p. (In Russ).

7. Miropolsky L.M. Topogeochemical study of Permian deposits in Tataria. Moscow: Publishing House of the USSR Academy of Sciences,1956, 264 p. (In Russ).

8. Tikhvinskaya E.I. Fundamentals of paleogeography of the East of the Russian Platform in the Upper Permian. Reports of the USSR Academy of Sciences, Volume LXIV, 1949. (In Russ).

9. Troepolsky V.I. Perm bitumens of Tatarstan. Kazan: KSU, 1976, 223 p. (In Russ).

10. Sahibgareev R.S. Secondary changes of reservoirs in the process of formation and destruction of oil deposits. Leningrad: Nedra, 1989, 258 p. (In Russ).

11. Sementovsky Yu.V. Conditions of formation of mineral deposits in the Late Permian in the east of the Russian platform. Kazan: Tatknigoizdat, 1973, 256 p. (In Russ).

12. Khaziev R.R., Andreeva E.E., Anisimova L.Z., Fakhrutdinov I.R., Baranova A.G. Certain aspects of forming extra-viscous oil deposits in Sakmarian sediments in the Tatarstan Republic. Exposition Oil Gas, 2020, issue 6. P. 52–55. (In Russ).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ | INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Хазиев Радмир Римович, научный сотрудник лаборатории геологического и экологического моделирования, Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, Казань, Россия
Для контактов: radmir361@mail.ru

Мударисова Раушания Айдаровна, старший преподаватель кафедры геологии нефти и газа им. А.А. Трофимука, Казанский федеральный университет, Казань, Россия

Волков Юрий Васильевич, доцент кафедры геологии нефти и газа им. А.А. Трофимука, Казанский федеральный университет; старший научный сотрудник лаборатории геологического и экологического моделирования, Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, Казань, Россия

Анисимова Лилия Закувановна, научный сотрудник лаборатории геологического и экологического моделирования, Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, Казань, Россия

Khaziev Radmir Rimovich, researcher of the laboratory of geological and environmental modeling, institute of ecology and subsurface use of the academy of sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia
Corresponding author: radmir361@mail.ru

Mudarisova Raushania Aidarovna, senior lecturer of the department of oil and gas geology named A.A. Trofimuk, Kazan Federal University, Kazan, Russia

Volkov Yuri Vasilyevich, associate professor of the department of oil and gas geology named A.A. Trofimuk, Kazan federal university; senior researcher of the laboratory of geological and environmental modeling, institute of ecology and subsurface use of the academy of sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia

Anisimova Lilia Zakuvanovna, researcher at the laboratory of geological and environmental modeling, institute of ecology and subsurface use of the academy of sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia