



ГЕОЛОГИЯ

Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2023. Т. 23, вып. 1. С. 21–30

Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2023, vol. 23, iss. 1, pp. 21–30

<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-1-21-30>, EDN: NBMIWE

Научная статья

УДК 553.623+552.331:551.781.3(47)

Кварцевые песчаники сосновской толщи палеогена Ульяновско-Сызранского Поволжья (восток Русской плиты): вещественный состав и происхождение

С. О. Зорина¹✉, Н. И. Афанасьева¹, Н. Хамада¹, К. И. Никашин¹, М. Ю. Сокерин²

¹Казанский (Приволжский) федеральный университет, Россия, 420008, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Кремлевская, д. 18

²Института геологии имени академика Н. П. Юшкин ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Россия, 167982, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, д. 54

Зорина Светлана Олеговна, доктор геолого-минералогических наук, профессор, svzorina@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6315-1672>

Афанасьева Надежда Иосифовна, кандидат геолого-минералогических наук, старший преподаватель, n-afanasieva@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4335-9251>

Хамада Надия, аспирант, nadia.m.hamada@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3269-6842>

Никашин Константин Игоревич, аспирант, kostya97@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4749-9895>

Сокерин Михаил Юрьевич, кандидат геолого-минералогических наук, научный сотрудник лаборатории минералогии, sokerin@geo.komisc.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7088-6845>

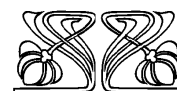
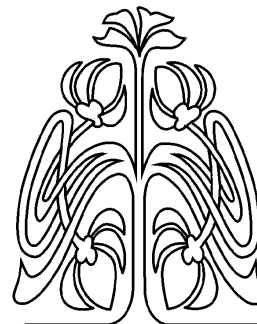
Аннотация. Кварцевые песчаники сосновской толщи палеогена широко распространены в Ульяновско-Сызранском Поволжье и обладают высоким минерагеническим потенциалом как ценное строительное сырье. В статье обосновывается континентальное происхождение сосновских песчаников на основе проведенного комплексного изучения особенностей их вещественного состава и микроструктуры методами петрографического, рентгеновского фазового и электронно-микроскопического анализа. Установлено, что источником свободного кремнезема для цементации обломочных зерен сосновских песчаников могли быть опоки и диатомиты нижнесызранской подсвиты. Дефицит кремнистого цемента и его крайне неравномерное распределение среди обломочных зерен указывают на локальное местоположение источника растворов, насыщенных свободным кремнеземом, которое, вероятнее всего, контролировалось палеорельефом. Электронно-микроскопические изображения и микрозондовый анализ отдельных микрокомпонентов песчаников свидетельствуют об активной бактериальной деятельности в условиях частых переходов суши в обширные заболоченные водоемы. Образование пиритовых фрамбоидов в цементирующей массе является признаком дефицита кислорода в морском или континентальном бассейне и активной деятельности магнетотактических бактерий. Рассмотрение сосновских песчаников под ракурсом их крайне неравномерного распределения в песчаной толще вследствие образования в континентальных условиях позволит разработать новые подходы прогнозирования этого ценного минерального сырья.

Ключевые слова: кварцевый песчаник, кремнезем, сосновская толща, палеоген, Ульяновско-Сызранское Поволжье, Русская плита

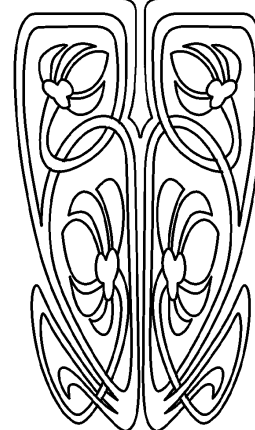
Благодарности. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-27-00070, <https://rscf.ru/project/22-27-00070/>

Для цитирования: Зорина С. О., Афанасьева Н. И., Хамада Н., Никашин К. И., Сокерин М. Ю. Кварцевые песчаники сосновской толщи палеогена Ульяновско-Сызранского Поволжья (восток Русской плиты): вещественный состав и происхождение // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2023. Т. 23, вып. 1. С. 21–30. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-1-21-30>, EDN: NBMIWE

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)



НАУЧНЫЙ
ОТДЕЛ





Article

Paleogene quartz sandstones of the Sosnovka Formation of the Uljanovsk-Syzran Volga region (Eastern Russian Platform): Mineral composition and origin

S. O. Zorina¹✉, N. I. Afanasieva¹, N. Hamada¹, K. I. Nikashin¹, M. Yu. Sokerin²

¹Kazan (Volga region) Federal University, 18 Kremlevskaya St., Kazan 420008, Tatarstan, Russia

²Institute of Geology of Komi Science Centre of the Ural Branch of Russian Academy of Sciences, 54 Pervomaiskaya St., Syktyvkar 167982, Russia

Svetlana O. Zorina, svzorina@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6315-1672>

Nadezhda I. Afanasieva, n-afanasieva@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4335-9251>

Nadia Hamada, nadia.m.hamada@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3269-6842>

Konstantin I. Nikashin, kostya97@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4749-9895>

Mikhail Yu. Sokerin, sokerin@geo.komisc.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7088-6845>

Abstract. The Paleogene quartz sandstones of the Sosnovka formation are widely occurred in the Uljanovsk-Syzran Volga region and are used as valuable building materials. The article comprises an improvement for the continental origin of the Sosnovka sandstones based on the results of a comprehensive study of the features of the mineral composition and microstructure of quartz sandstones of the Sosnovka formation obtained by using petrographic, XRD and electron-microscopic analyses. The relevance of the study is based on the debatability of the origin of sandstones, the depletion of the mineral resource base of this type of mineral raw materials and the need to develop new approaches to its prediction. According to the results of the study, it was found that opokas and diatomites of the Lower Syzran subformation, brought up to the denudation surface, could be the source of free silica for the cementation of sand grains of the Sosnovka sandstones. The deficit of siliceous cement and its extremely irregular distribution among the clastic grains indicate the local and restrict occurrence of the source of solutions saturated with free silica, which, most likely, was controlled by paleorelief. Electron microscopic images and microprobe analysis of individual sandstone microcomponents indicate strong bacterial activity and frequent change of the land paleoenvironments to extensive marshy ones. The formation of pyrite framboids in the cementitic mass is a sign of oxygen deficit in the continental basin and the activity of magnetotactic bacteria. Whereas the decay of framboids is associated with dissolution of organic matter inside the framboids due to oxidation of the paleobasin. The results of the study leave no doubt about the non-marine origin of the sandstones studied, hence, we should not assume the presence of extended bodies of sustained thickness when solving prognostic-mineralogical problems. The Sosnovka sandstones are of extremely irregular distribution in the sandy sequence and formation in extremely continental pedological conditions will allow us to solve the important task of improving approaches to the prediction of new objects of this valuable mineral resource in the Ulyanovsk-Syzran Volga region.

Keywords: quartz sandstone, silica, Sosnovka Formation, Paleogene, Ulyanovsk-Syzran Volga region, Russian Platform

Acknowledgments. The research is supported by the grant of the Russian Science Foundation (project No. 22-27-00070, <https://rscf.ru/en/project/22-27-00070>).

For citation: Zorina S. O., Afanasieva N. I., Hamada N., Nikashin K. I., Sokerin M. Yu. Paleogene quartz sandstones of the Sosnovka Formation of the Uljanovsk-Syzran Volga region (Eastern Russian Platform): Mineral composition and origin. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2023, vol. 23, iss. 1, pp. 21–30 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-1-21-30>, EDN: NBMIWE

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC0-BY 4.0)

Введение

В палеогеновых отложениях Ульяновско-Сызранского Поволжья (УСП) широко распространены кварцевые пески и песчаники мощностью 40–150 м, которые выделяются в палеоценовую сосновскую толщу [1]. Мономинеральный состав, структурно-текстурная однородность и значительные мощности обусловили высокий промышленный потенциал данной песчаной толщи. В частности, пески являются ценным стекольным, силикатным и строительным сырьем. Песчаники пригодны для производства бутового камня, щебня для бетонов и дорожного строительства [2, 3].

Но, несмотря на высокую степень изученности, вопрос о происхождении как самих песков, так и залегающих в них линзовидных конкреционных песчаников до последнего времени остается дискуссионным. Актуальность настоящего исследования обусловлена, таким образом, необходимостью установления условий образования сосновских песчаников для разработки

усовершенствованных подходов к прогнозированию новых залежей в связи с истощением минерально-сырьевой базы данного вида сырья в УСП. В статье приведены новые данные о комплексном изучении вещественного состава сосновских песчаников, позволяющие приблизиться к решению вопроса об их генезисе и выйти на новый уровень прогнозных построений.

1. Геологическое строение

Сосновская толща развита в УСП в виде меридионально простирающихся полос шириной от 5–10 км и длиной до 50–60 км. Литологически она представлена песками светло- и желтовато-серыми, кварцевыми и глауконит-кварцевыми, средне-, мелко- и тонкозернистыми, с линзами конкреционных светло-серых и серых кварцитовидных и опоковидных песчаников. Участками в толще песков наблюдаются отдельные прослои опок, диатомитов и трепелов [4, 5].



Толща отличается крайне неравномерным распространением, несогласно перекрывает верхнемеловые породы, участками залегает на опоках нижней подсвиты сызранской свиты палеоцена, в виде отдельных «язычков» внедряется в опоки и диатомиты сызранской свиты, замещает их на разных уровнях разреза. На отдельных участках пески сосновской толщи фашиально полностью замещают породы верхне-сызранской подсвиты, в этих случаях отложения сосновской толщи непосредственно перекрыты песками саратовской свиты, образуя единую толщу песков [6–8].

Характерным признаком сосновской толщи является присутствие в ее разрезе линзовидно-конкреционных прослоев серых и розовато-серых кварцитовидных кварцевых песчаников мощностью 0,5–6,5 м, длиной 15–1500 м. Как отмечает в своем отчете Т. И. Личман (1968ф),

проводившая поисковые и поисково-оценочные работы по выявлению месторождений кварцевых песчаников и строительных песков для действующего Кучуровского щебеночного завода в Ульяновском, Сенгилеевском и Тереньгульском районах Ульяновской области, нет ни одного сколько-нибудь похожего разреза даже на расстоянии 10–15 м. На некоторых участках в слабых песчаниках наблюдаются гнезда, линзы и неправильные прослои «сливного» песчаника мощностью от 0,1 до 10 и более метров. Песчаные тела могут быть наклонны и даже вертикальны. Тела песчаника разобщены между собой в толще песка мощностью 1–21 м.

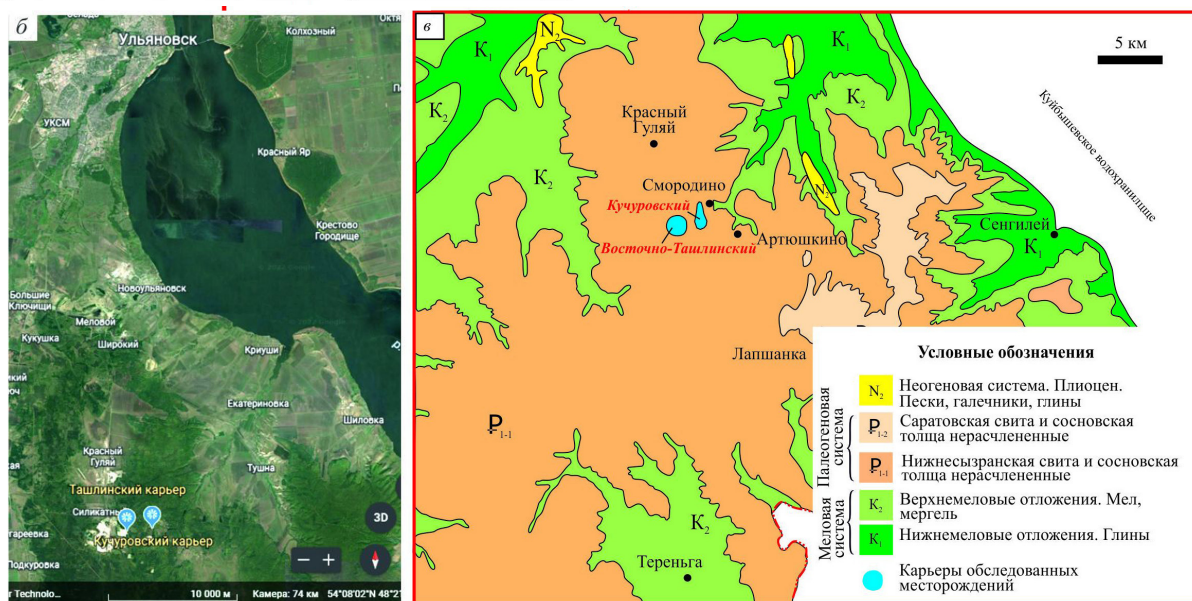
Объектом настоящего исследования выбраны сосновские конкреционные песчаники, вскрывающиеся в карьерах Кучуровского и Восточно-Ташлинского месторождений песчаников и песков, расположенных в Сенгилеевском районе Ульяновской области (рис. 1, а–в).

2. Материал и методы

В 2021–2022 гг. авторами проведено полевое геологическое изучение и опробование разрезов сосновской толщи, вскрывающихся в карьерах Кучуровского месторождения песчаников и Восточно-Ташлинского месторождения кварцевых песков (рис. 2, а–г), а также выполнено аналитическое изучение их вещественного состава. В комплекс методов по определению компонентного состава песчаников и их микроструктур-



Рис. 1. Местоположение Восточно-Ташлинского и Кучуровского карьеров на географической схеме (а), Google-карте (б), геологической карте юго-востока Ульяновской области (по данным из отчета Т. И. Личман (1989) с изменениями и дополнениями) (в) (цвет онлайн)



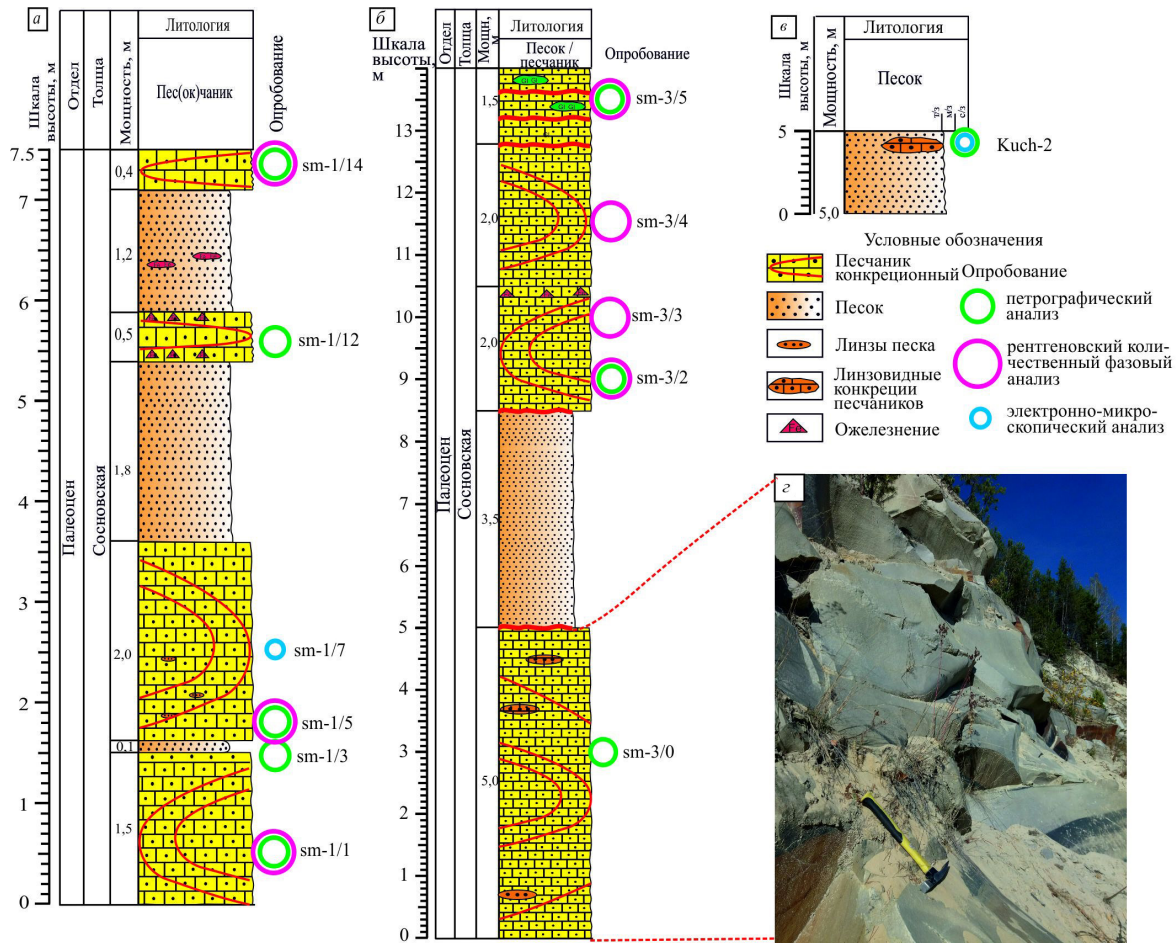


Рис. 2. Литологическое строение разрезов и опробование песчаников сосновской толщи в карьере Кучуровского месторождения в точках наблюдения Sm-1 (а), Sm-3 (б) и карьере Восточно-Ташлинского месторождения (в). Фото песчаников в Кучуровском карьере (з) (цвет онлайн)

ных особенностей входили: петрографический, рентгеновский количественный фазовый анализ (РКФА) и электронная микроскопия с микрозондовым анализом.

Петрографический анализ 8 шлифов выполнен с применением оптического поляризационного микроскопа Carl Zeiss AxioLab с цифровой камерой AxioCam 506 color. Рентгенографические исследования 5 проб песчаников проводились на дифрактометре D2 Phaser (Bruker). Дифрактограммы были сопоставлены с эталонными дифрактограммами международной картотеки порошковых рентгенографических стандартов PDF-2 ICDD.

Электронно-микроскопические изображения и энерго-дисперсионные спектры 2 проб получены на растровом электронном микроскопе XL-30 ESEM (Phillips) с ЭДС-анализатором EDAX.4. Все аналитические исследования выполнены в лабораториях Института геологии и нефтегазовых технологий (ИГиНГТ) КФУ.

Полученные аналитические данные были сопоставлены и дополнены результатами изучения

вещественного состава песчаников, приведенными в 20 фондовых отчетах, 30 паспортах объектов Государственного кадастра месторождений и проявлений полезных ископаемых и 5 объяснительных записках к изданным листам Госгеолкарты-1000 [6] и Госгеолкарты-200 [4, 5, 7, 8].

3. Результаты аналитических исследований

3.1. Петрографический анализ. Изучение песчаников в шлифах показало, что их состав и структурно-текстурные особенности характеризуются постоянством вне зависимости от пункта отбора пробы по разрезу и пространственной удаленности точек отбора друг от друга. Это согласуется с результатами петрографического изучения сосновских песчаников, приведенными в многочисленных фондовых источниках.

Песчаники имеют кварцевый состав (90–95%), преимущественно средне-, мелкозернистую и мелкозернистую структуру, опал-халцедоновый контактовый и пленочный цемент (рис. 3, а–г). В единичных количествах встречаются зерна калиевого полевого шпата, плагиоклаза,

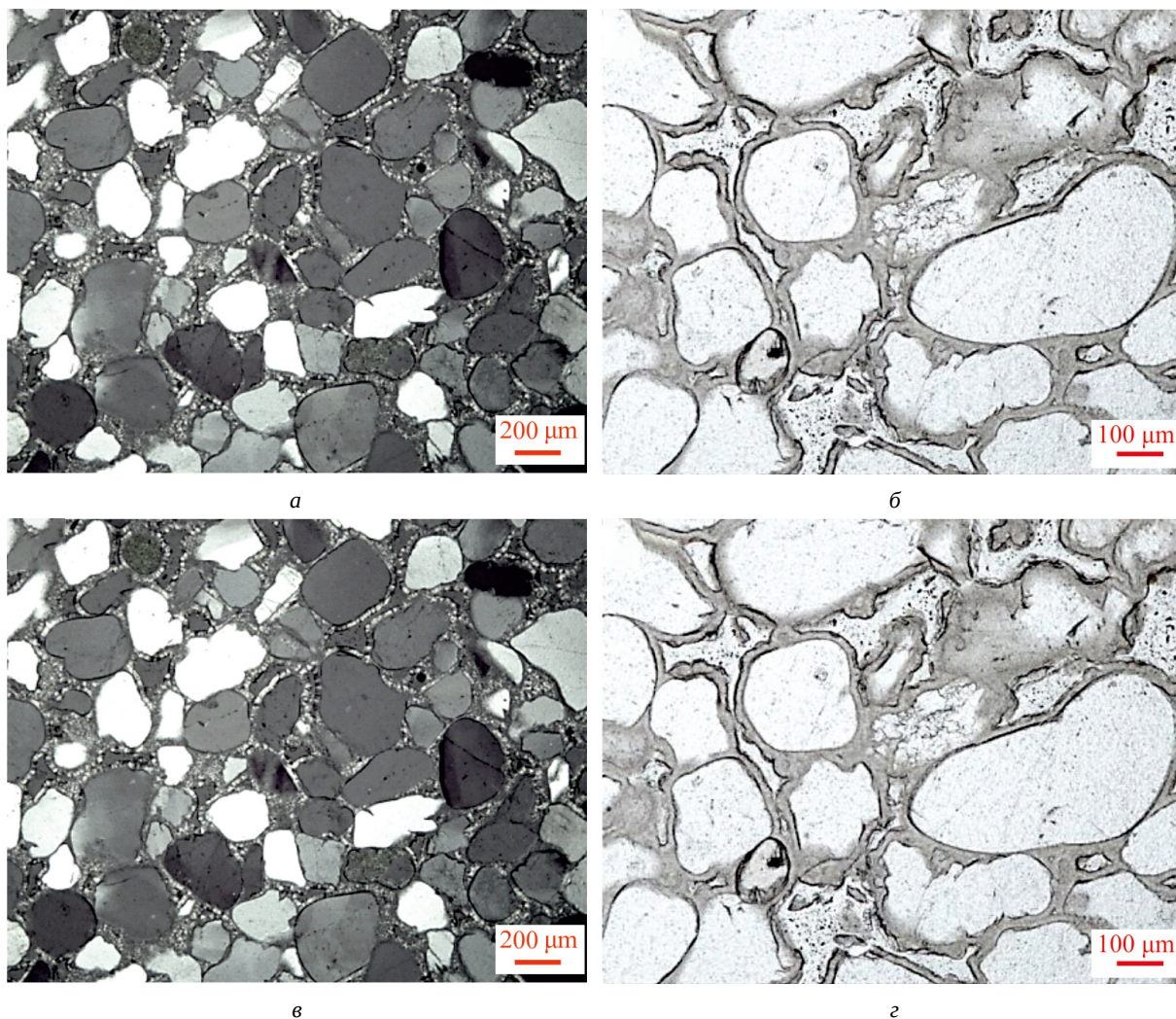


Рис. 3. Микрофотографии шлифов: *а* – обр. Sm-1/12, песчаник средне-, мелкозернистый с опал-халцедоновым пленочным цементом, николи скрещены, ув. 50; *б* – обр. Sm-1/5, песчаник средне-, мелкозернистый, с опал-халцедоновым контактово-пленочным цементом, николи параллельны, ув. 100; *в* – обр. Sm-1/14, песчаник средне-, мелкозернистый с халцедоновым пленочным цементом, открытой пористостью, николи скрещены, ув. 200; *з* – обр. Sm-3/2, песчаник кварцевый мелкозернистый с опал-халцедоновым цементом и крупной порой в центре, николи параллельны, ув. 50 (цвет онлайн)

глауконита, сфена, циркона, мусковита, обломки кремнистых пород и кварцитов.

В целом преобладают зерна мелкого размера (0,1–0,25 мм), в меньших количествах присутствуют зерна среднего размера (0,25–0,5 мм), реже – до 0,8 мм. Сортировка породы в целом хорошая, но может изменяться от средней до очень хорошей. Какой-либо закономерности в распределении сортировки по разрезу в песчаниках не прослеживается. Зерна в основном окатанные (50–80%), реже угловато-окатанные (20–50%). Они имеют свежий облик, но отдельные разности отличаются мозаичным погасанием, трещиноватостью и корродированностью.

Цемент песчаников (10–20%) опал-халцедоновый, в основном халцедоновый контактово-пленочный (см. рис. 3, б) и пленочный (см.

рис. 3, а, в), реже – опаловый поровый и базальный (см. рис. 3, з). Пористость носит неравномерный характер, так как связана с дефицитом цемента и частичным незаполнением межзернового пространства, она составляет 5–15%. Текстура песчаников беспорядочная.

3.2. Рентгеновский количественный фазовый анализ.

Компонентный состав песчаников сосновской толщи, по данным РКФА, полностью согласуется с результатами петрографического изучения и отличается постоянством во всех изученных пробах (таблица). Обломочная часть песчаников представлена кварцем (82–95%) и микроклином (0–5%). Наиболее заметные изменения в составе пород связаны с вариативностью количества цемента, в составе которого диагностированы квазикристаллические разновидности



Результаты РКФА песчаников Кучуровского месторождения

Номер проб	Содержание, мас.%					
	кварц	тридимит	кристобалит	гематит	микроклин	доломит
Sm 1/1	88	10	2	–	–	
Sm 1/5	95	3	1	1	–	
Sm 1/14	82	15	3	–	–	
Sm 3/2	95	4	1	–	–	
Sm 3/3	92	1	1	–	5	1
Sm 3/4	96	2	1	1	–	
Sm 3/5	92	6	2	–	–	

кремнезема – кристобалит (1–3%) и тридимит (1–15%). Из аксессуаров и примесей рентгеновским анализом удалось определить гематит в составе двух проб Sm-1/5 и Sm-3/4 и доломит в составе пробы Sm-3/3.

Примечательно, что в составе опал-кристобалит-тридимитовой фазы, обычно диагностируемой на дифрактограммах как единая фаза, преобладает наиболее раскристаллизованная разновидность кремнезема – тридимит, которая в шлифах выглядит как халцедон, обволакивающий зерна кварца. Учитывая, что первичный аморфный кремнезем, участвующий в цементации песков, является крайне неустойчивой субстанцией и стремится перейти в более устойчивое состояние, по данным РКФА, становится очевидным, что основная его часть перешла из аморфного состояния в квазикристаллическое и находится в процессе раскристаллизации.

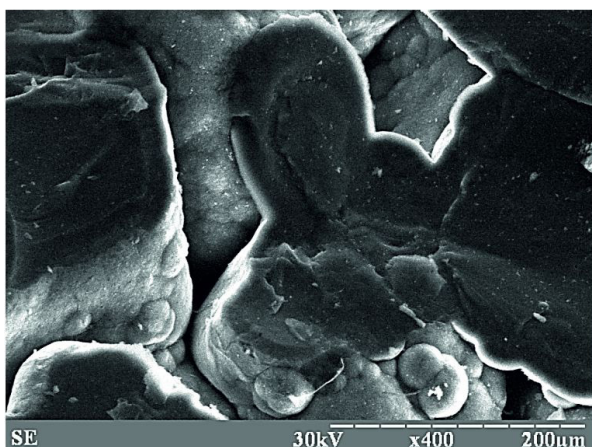
3.3. Электронно-микроскопическое изучение конкреционного песчаника из Кучуровского карьера (Sm-1/7) показало, что обломочные зерна (размером 50–100 мкм) окаймлены 30–50-микронной оболочкой кремнистого цемента, который скрепляет зерна (рис. 4, а). Поверхность кремнистой оторочки покрыта мелкими

новообразованными глобулями кремнезема. Отчетливо видны открытые поры в межзерновом пространстве. Электронно-микроскопическое изображение раковистого микроскола песчаника, подтверждающего аморфную структуру его кремнеземистого цемента, приведено на рис. 4, б.

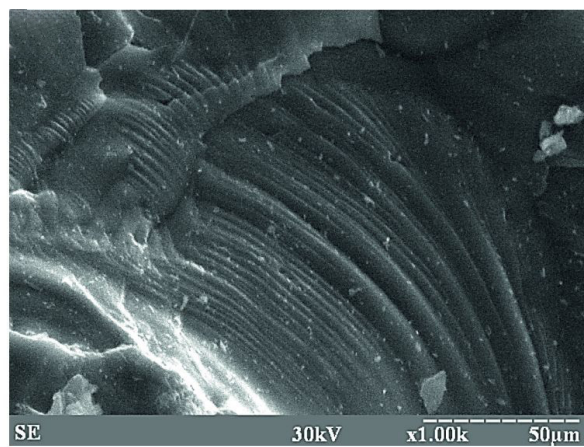
Крайне интересные данные получены при электронно-микроскопическом и микронзондовом исследовании пробы песчаника из Восточно-Ташлинского карьера (проба Kuch-2). Макроскопически песчаник представляет собой причудливое конкреционное образование вытянутой формы длиной 20 см.

В цементирующей массе отмечаются округлые пустоты размером 0,003–0,008 мм, поверхность которых сильно выщелочена (рис. 5, а, б).

Некоторые пустоты выполнены фрамбоидальными образованиями, в составе которых, помимо пирита и алюмосиликатов натрия и калия, присутствует фосфор (см. рис. 5, б). В цементирующей массе отмечается обилие пустот выщелачивания микрокристаллов пирита октаэдрического габитуса, которые образовались после распада фрамбоидов на отдельные микрокристаллы и последующего их выщелачивания.



а



б

Рис. 4. Электронно-микроскопическое изображение песчаника Sm-1/7: а – пористая микроструктура и пленочный цемент; б – раковистый микроскол

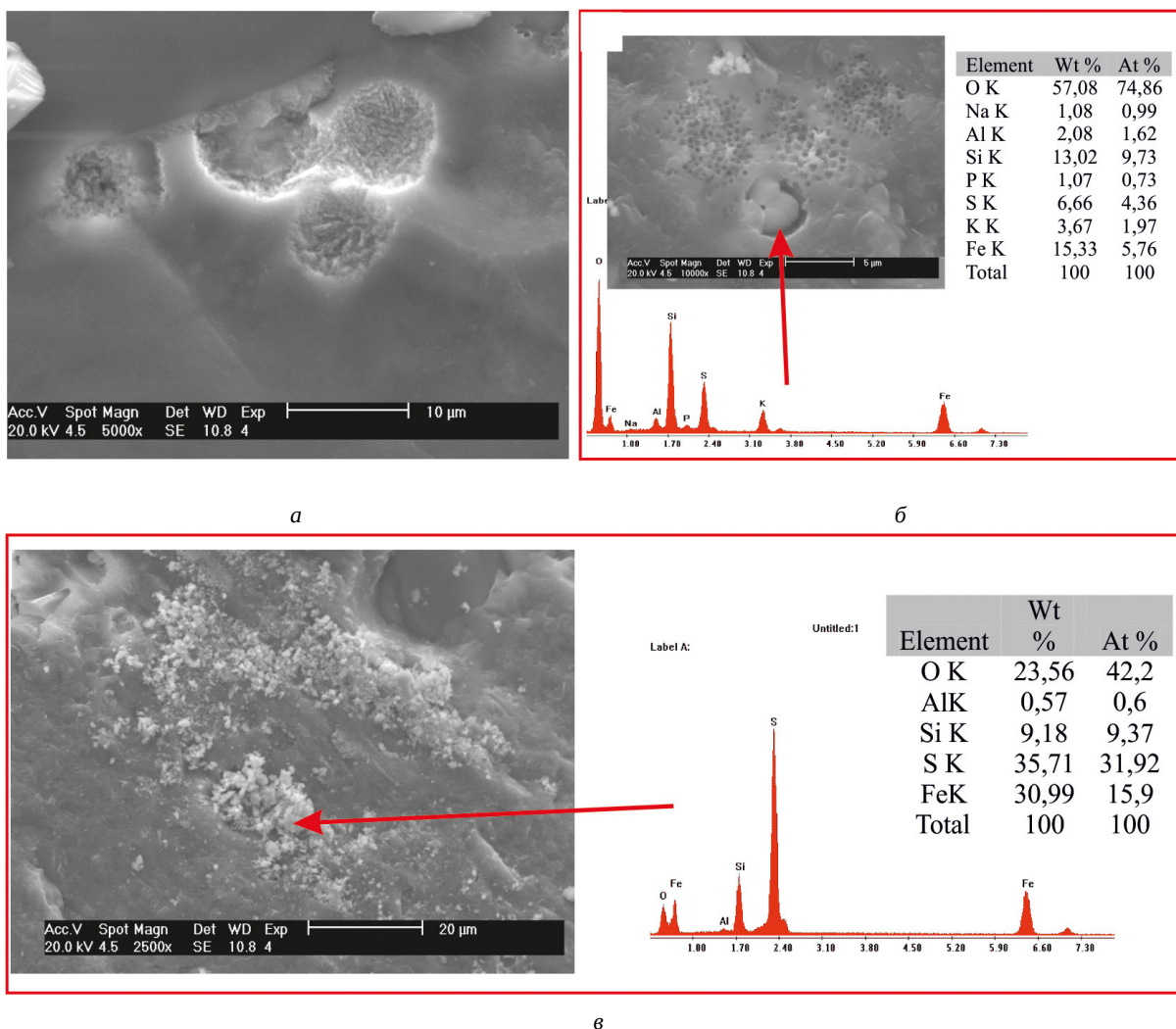


Рис. 5. Электронно-микроскопические изображения и энерго-дисперсионные спектры бактериальных образований в кремнезистом цементе песчаника Kuch-2: а, б – выщелаченные пустоты, заполненные фрамбоидальными образованиями; в – хлопьевидные пиритовые агрегаты (цвет онлайн)

В кремнистом цементе видны скопления хлопьевидных агрегатов, представленных преимущественно пиритом (см. рис. 5, б). Вероятнее всего, это продукты распада пиритовых фрамбондов, не прошедших стадию полного растворения.

4. Обсуждение результатов

Известно, что кремнистые конкреционные образования распространены как в карбонатных породах, где они встречаются в виде криптористаллических кремней, так и в песчаниках, где кремнезем образует «оболочки», или «кокарды», вокруг обломочных зерен кварца или отдельные каплевидные сгустки на контакте зерен и тем самым цементирует их [9]. Выпадение кремнезема из раствора происходит в слабощелочных условиях, хотя точные химические условия осаждения кремнезема с образованием опок и кремней плохо изучены. По мнению многих исследова-

телей, сцементированные кремнеземом участки в песках, вероятнее всего, образовались в континентальных педологических условиях [9].

Многие исследователи предполагают, что снижение температуры насыщенных кремнеземом растворов является основным механизмом его осаждения. Предполагается, что источник кремнезема носит локальный характер и расположен в непосредственной близости от области, где пески преобразуются в песчаники [10].

Один из вероятных механизмов образования кремнистого цемента в кварцевых песчаниках предложен Петтиджоном (Pettijohn) с соавторами [11]. Благодаря способности относительно быстрого выпадения опала из раствора, поровые воды, насыщенные опаловой фазой, не могут проникать через песчаную толщу на значительные расстояния. Предполагается, что источник кремнезема может быть связан с поверхностными водами, проникающими в песчаную толщу



через почвенную зону, в нижней части которой, как известно, происходит обогащение кремнеземом проникающих через почву поверхностных вод [10].

Источником свободного кремнезема для цементации песчаных зерен сосновской толщи могли быть опоки и диатомиты нижнесызранской подсвиты. Данное предположение было выдвинуто при изучении палеогеновых отложений Поволжья в конце прошлого века [12, 13] и подтверждается результатами настоящего исследования. Очевидно, что после вывода нижнесызранских опок и диатомитов на поверхность размыв этой толщи метеорными водами мог способствовать образованию насыщенных кремнеземом растворов, распределение которых в проницаемой песчаной толще контролировалось палеорельефом и не могло носить равномерный характер.

Проведенное комплексное изучение сосновских песчаников подтверждает данный механизм образования сливных песчаников. Так, халцедоновый и опаловый состав цемента, его пленочный и даже «капельный» тип, явный дефицит цемента и высокая открытая пористость песчаников являются свидетельством локального поступления цементирующего вещества и, как следствие, крайне неравномерного залегания песчаников в разрезе и по латерали.

Электронно-микроскопические изображения микроструктуры песчаников и микрозондовый анализ отдельных микрокомпонентов указывают на активную бактериальную деятельность в условиях частых переходов суши в обширные заболоченные водоемы. Образование пиритовых фрамбоидов в цементирующей массе является признаком дефицита кислорода в морском или континентальном бассейне седиментации и активной деятельности магнетотактических бактерий [14, 15].

В континентальных условиях, при почвообразовании, процесс сульфидообразования активизируется при поступлении сульфатных подземных вод к поверхности, при этом образование сульфидов происходит при активном участии сульфатредуцирующих бактерий [16]. При взаимодействии сульфидов с углекислотой, выделяющейся при разложении органических остатков, образуются углекислые соли и сероводород. Данные процессы чаще всего встречаются в аридных экосистемах [16].

Пиритовые фрамбоиды, которые по форме не отличаются от колонии магнетотактических бактерий [14], при поступлении кислорода распадаются на отдельные микрокристаллы [17], так как связывающее их органическое вещество окисляется, а микрокристаллы пирита рассеиваются по породе, что свидетельствует о смене аноксических условий среды на окисческие (см. рис. 5, б).

Вероятнее всего, при оксидизации значительная часть сульфидного железа переходит в гидроксидное состояние, о чем свидетельствуют пустоты выщелачивания пиритовых микрокристаллов и новообразованные железосодержащие агрегаты (см. рис. 5 б, в). Оксиды и гидроксиды железа образуют определенный ряд устойчивости, а нестабильные оксиды железа – ферригидрит и ферроксицит – могут свидетельствовать об оксидогенезе, а также об интенсивной активности железобактерий [18]. С течением времени ферроксицит спонтанно переходит в гематит, а ферригидрит дегидратируется в гематит (при подщелачивании среды ферригидрит начинает кристаллизоваться, также возрастает доля гематита) [18]. Примечательно, что, по данным проведенного нами РКФА, в составе сливных песчаников проб Sm-1/5 и Sm-3/4 выявлено достаточно значительное (1%) содержание гематита. Образование и дальнейшее преобразование нестабильных оксидов железа связано с быстрым окислением двухвалентного железа, которое происходит при участии микроорганизмов [18] в условиях высокой химической активности почвенных вод.

Округлые пустоты выщелачивания, обнаруженные в кремнистом цементе изученных песчаников (см. рис. 5 а, б), некоторые из которых заполнены рыхлыми продуктами переработки цемента, являются неоспоримым доказательством активной бактериальной деятельности. Фрамбоидальные образования с высоким содержанием фосфора, заполняющие пустоты (см. рис. 5, б), также указывают на активную жизнедеятельность бактерий. Причем очевидно, что данный процесс происходил в условиях суши, при почвообразовании. Минералы гидроксидов железа и алюминия встречаются в иллювиальных горизонтах подзолистых почв [19]. Гидроксиды железа и алюминия могут образовывать малоподвижные формы, связывая значительное количество фосфорной кислоты. А фрамбоидальная форма данных образований не оставляет сомнений сильного бактериального воздействия.

Вообще, химизм процессов, происходящих при участии микроорганизмов, крайне сложен, сами процессы неустойчивы, а обстановки могли меняться с континентальных поверхностных на континентальные озерные и болотные.

Результаты исследования не оставляют сомнений в неморском происхождении сосновских песчаников, следовательно, при решении прогнозно-минерогенических задач не следует предполагать наличие протяженных тел выдержанной мощности. Рассмотрение сосновских песчаников под ракурсом их крайне неравномерного распределения в песчаной толще и формирования в исключительно континентальных педологических обстановках позволит решить важную задачу по совершенствованию подходов к про-



гнозированию новых объектов этого ценного минерального сырья в УСП.

Заключение

Комплексное изучение особенностей вещественного состава и микроструктуры кварцевых песчаников сосновской толщи показало, что их образование происходило в условиях континентальной педологической обстановки.

Источником свободного кремнезема для цементации песчаных зерен сосновских песчаников могли быть опоки и диатомиты нижнесызранской подсистемы, выведенные на денудационную поверхность. Дефицит кремнистого цемента и его крайне неравномерное распределение среди обломочных зерен указывают на локальное местоположение источников растворов, насыщенных свободным кремнеземом, которое, вероятнее всего, контролировалось палеорельефом.

Электронно-микроскопические изображения и микрозондовый анализ отдельных микроскомпонентов песчаников свидетельствуют об активной бактериальной деятельности в условиях частых переходов суши в обширные заболоченные водоемы. Образование пиритовых фрамбондов в цементирующей массе является признаком дефицита кислорода в бассейне и активной деятельности магнетотактических бактерий.

Результаты исследования показали, что при прогнозных построениях не следует предполагать наличие протяженных тел песчаников выдержанной мощности. Рассмотрение сосновских песчаников под ракурсом их крайне неравномерного распределения в песчаной толще позволит усовершенствовать подходы к прогнозированию новых объектов этого ценного минерального сырья в УСП.

Библиографический список

1. Ахметьев М. А., Шик С. М., Алексеев А. С. Унифицированная стратиграфическая схема палеогеновых отложений Поволжско-Прикаспийского субрегиона: объяснительная записка. Москва : МФ ВСЕГЕИ, 2014. 96 с.
2. Дистанов У. Г., Гимадеев Р. А. Песчаники палеогена Ульяновского Поволжья, их состав и свойства // Стратиграфия, палеогеография и полезные ископаемые кайнозоя Среднего Поволжья / Труды Геологического института. Вып. 19. Казань, 1968. С. 156–168.
3. Сенаторов П. П., Власова Р. Г., Вяткина Л. Ю., Садыков Р. К., Чуприна Н. С., Мурадымова В. М., Нуруллин М. З., Слободянка З. П., Шамажка О. И., Гонюх В. М., Бутько В. К., Бутько Т. И., Богатырев О. С., Гейгер Ю. В., Пригода В. К., Лисенков А. А., Шпагин М. М., Рахимов Р. З., Русина Л. П., Колесник А. А., Мутыгуллин Р. Х., Саденко С. М., Прошин А. П., Терехин В. И., Газеев Н. Х., Кравцов С. И., Санин В. И., Турова А. В., Полякова Т. И., Гаврилов Г. М., Арбапов А. А., Рябкин В. В. Минерально-производственный

комплекс неметаллических полезных ископаемых Ульяновской области / главные редакторы Н. Н. Ведерников, С. И. Кравцов. Казань : Казанский госуниверситет, 2002. 156 с.

4. Жукова Г. А., Турова А. В., Каримова Х. Х., Золотарев В. П., Емельченко Н. А., Сидоров Е. Г., Бурнаев В. С. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 200 000. Серия Средневожская. Лист N-39-ХIII (Ульяновск) : объяснительная записка. Москва : МФ ВСЕГЕИ, 2013. 194 с.

5. Жукова Г. А., Турова А. В., Каримова Х. Х., Золотарев В. П., Шамсутдинов Р. Х., Сидоров Е. Г., Бурнаев В. С. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 200 000. Серия Средневожская. Лист N-38-ХVIII (Майна) : объяснительная записка. Москва : МФ ВСЕГЕИ, 2013. 151 с.

6. Кузьмин А. Н., Кириков В. П., Лукьянова Н. В., Бахтеев А. Р., Коссовая О. Л., Евдокимова И. О., Горбачевич Н. Р., Саванин В. В., Котляр Г. В., Алексеев М. А., Вукс В. Я., Триколиди Ф. А., Самсонов А. В., Богданов С. В., Спиридонов В. А., Пантелева Е. С., Енгальчев С. Ю., Ларионов А. Н., Курдюков Е. Б., Постников А. В. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1 : 1 000 000. Третье поколение. Серия Центрально-Европейская. Лист N-38 – Пенза : объяснительная записка. Санкт-Петербург : МФ ВСЕГЕИ, 2019. 406 с., 20 вкл.

7. Никитин В. Н., Бурнаев В. С., Жукова Г. А., Шамсутдинов Р. Х., Золотарев В. П., Каримова Х. Х., Сидоров Е. Г., Адаменко Т. В., Падалица А. З. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 200 000. Серия Средневожская. Лист N-38-XXIV (Барыш) : объяснительная записка. Москва : МФ ВСЕГЕИ, 2013. 141 с.

8. Никитин В. Н., Бурнаев В. С., Жукова Г. А., Шамсутдинов Р. Х., Золотарев В. П., Каримова Х. Х., Сидоров Е. Г., Адаменко Т. В., Падалица А. З. Государственная геологическая карта Российской Федерации: объяснительная записка. Москва : МФ ВСЕГЕИ, 2013. 175 с.

9. Collinson J. D., Mountney N. P., Thompson D. B. Sedimentary structures. Third edition. Harpenden : Terra Publishing, 2006. 358 p.

10. Boggs S. (Jr) Petrology of sedimentary rocks. Second edition. Cambridge : Cambridge University Press, 2009. 600 p.

11. Pettijohn F. J., Potter P. E., Siever R. Sand and Sandstone. Second edition. New York, NY : Springer-Verlag, 1987. 553 p.

12. Муравьев В. И., Цеховский Ю. Г., Каледа К. Г., Бабушкин Д. А., Суворов А. И. Процессы окремнения в палеогеновых песчаниках Восточно-Европейской платформы // Литология и полезные ископаемые. 1997. Т. 2. С. 150–162.

13. Цеховский Ю. Г. Седиментогенез и геодинамика в пограничную мел-палеогеновую эпоху пенепленезации континентов. Сообщение 1. Центральная и восточная Евразия // Литосфера. 2015. № 1. С. 5–23.

14. Farina M., Esquivel D. M. S., Barros H. G. de P. L. Magnetic iron-sulphur crystals from a magnetotactic microorganism // Nature. 1990. Vol. 343. P. 256–258. <https://doi.org/10.1038/343256a0>



15. Raiswell R., Berner R. A. Pyrite formation in euxinic and semi-euxinic sediments // American Journal of Science. 1985. Vol. 285. P. 710–724.
16. Хайрулина Е. А. Проявление сульфидогенеза в таёжных ландшафтах Западного Прикамья в условиях техногенного галогенеза // Минералогия и геохимия ландшафта горнорудных территорий. Рациональное природопользование. Современное минералообразование. Чита : Поиск, 2014. С. 60–64.
17. Zorina S. O., Pavlova O. V., Galiullin B. M., Morozov V. P., Eskin A. A. Euxinia as a dominant process during OAE1a (Early Aptian) on the Eastern Russian Platform and during OAE1b (Early Albian) in the Middle Caspian // Science China. Earth Sciences. 2017. Vol. 60. P. 58–70. <https://doi.org/10.1007/s11430-016-0043-1>
18. Каздым А. А. Археологическая минералогия в современной минералогии. Проблемы и перспективы. URL: <http://viperson.ru/articles/arheologicheskaya-mineralogiya-v-sovremennoy-mineralogii-problemy-i-perspektivy/> (дата обращения: 28.05.2022).
19. Почва – полиминеральная система // Сайт Зооинженерного факультета МСХА им. К. А. Тимирязева. URL: <https://www.activestudy.info/pochva-polimineralnaya-sistema/> (дата обращения: 06.06.2022).

Поступила в редакцию 23.11.2022; одобрена после рецензирования 05.12.2022; принята к публикации 16.12.2022
The article was submitted 23.11.2022; approved after reviewing 05.12.2022; accepted for publication 16.12.2022