
Научная статья

УДК 549.086.1+ 551.72

DOI: 10.31084/2619-0087/2023-3-3

ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЭЛЕКТРОННО-МИКРОСКОПИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ ПЕСЧАНИКОВ САЛИХОВСКОЙ СВИТЫ ВЕНДА (ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКАЯ ПЛАТФОРМА)

С. А. Дьякова, Н. Д. Сергеева

Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа, riphey@ufaras.ru

Впервые для платформенных вендских отложений, наряду с литолого-петрографическими методами изучения пород в шлифах и количественно-минералогическим анализом тяжелой фракции проб-протолочек, было проведено исследование методом растровой электронной микроскопии в аншлифах. Применение растровой электронной микроскопии позволило значительно уточнить минеральный состав породообразующих, вторичных и акцессорных минералов. Впервые в песчаниках отмечены собственные минералы редкоземельных элементов (монацит и ксенотим) и тория (торит), а также выявлены некоторые геохимические особенности минералов — концентраторов РЗЭ (апатита и циркона). Дополнительная информация о минеральном и геохимическом составе пород салиховской свиты в дальнейшем может быть использована при реконструкции состава питающих провинций и условий формирования осадочных палеобассейнов.

Ключевые слова: венд, салиховская свита, минералогия, песчаники, скважина, платформа, Шкапово-Шиханская впадина

Благодарности: Работа выполнена в соответствии с планами научно-исследовательских работ Института геологии Уфимского федерального исследовательского центра РАН, г. Уфа (тема гос. задания FMRS-2022-0013).

Original article

FIRST RESULTS OF ELECTRON MICROSCOPIC STUDY OF SANDSTONES OF THE SALIKHOVO FORMATION, VENDIAN (THE EAST-EUROPEAN PLATFORM)

S. A. Dyakova, N. D. Sergeeva

Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

For the first time, for the platform Vendian deposits, along with lithological and petrographic methods of studying rocks in sections and quantitative mineralogical analysis of the heavy fraction of concentrate, a study was carried out by scanning electron microscopy in thin sections. The use of scanning electron microscopy made it possible to significantly refine the mineral composition of rock-forming, secondary and accessory minerals. For the first time, it was indicated that the sandstones have their own minerals of rare earth elements (monazite and xenotime) and thorium (torite), and some geochemical features of REE

Для цитирования: С. А. Дьякова, Н. Д. Сергеева. Первые результаты электронно-микроскопического изучения песчаников салиховской свиты венда (Восточно-Европейская платформа) // Геологический вестник. 2023. №3. С. 26–35. DOI: 10.31084/2619-0087/2023-3-3

For citation: S. A. Dyakova, N. D. Sergeeva. (2023) First results of electron microscopic study of sandstones of the Salikhovo Formation, Vendian (The East-European platform). *Geologicheskii vestnik*. 2023. No. 3. P. 26–35. DOI: 10.31084/2619-0087/2023-3-3

© С. А. Дьякова, Н. Д. Сергеева, 2023

concentrator minerals (apatite and zircon) have been identified. Additional information on the mineral and geochemical composition of the rocks of the Salikhov Formation can be used in the future to reconstruct the composition of the feeding provinces and the conditions for the formation of sedimentary paleobasins.

Keywords: Vendian, Salikhovo formation, mineralogy, sandstones, well, platform, Shkapovo-Shikhan depression

Acknowledgements: The study was carried out within the research plans of the Institute of Geology of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Ufa (theme of the state assignment FMRS-2022-0013).

Введение

Отложения венда Волго-Уральской области (ВУО) вскрыты глубокими скважинами в пределах Верхнекамской и Шкапово-Шиханской впадин, разделенных Сарапульско-Яныбаевской седловиной. Вендские отложения залегают на рифейских со структурным и стратиграфическим несогласием и плащеобразно перекрывают породы кристаллического фундамента.

Наиболее полно отложения венда вскрыты глубокими скважинами в Шкапово-Шиханской впадине. Здесь выделены (снизу): сергеевская свита нижнего венда, байкибашевская и старопетровская свиты каировской серии и салиховская и карлинская свиты шкаповской серии верхнего венда [Сергеева и др., 2021 и ссылки там же] (рис. 1).

Для исследования нами были выбраны отложения салиховской свиты. Впервые она была выделена К. Р. Тимергазиным в 1953 году со стра-

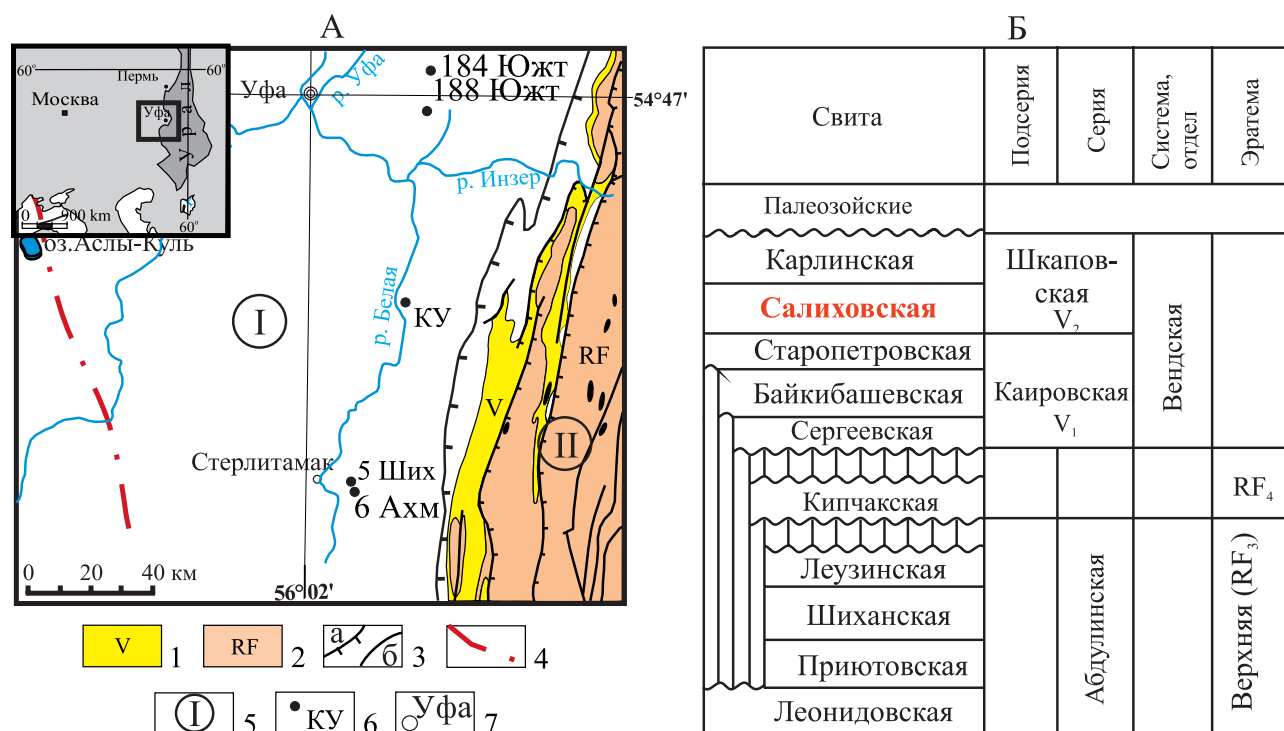


Рис. 1. Карта основных структур и расположения скважин (А) и принимаемая стратиграфическая схема (Б) [Сергеева и др., 2021; Стратиграфическая схема ..., 2000]

Условные обозначения к карте: 1–2 — отложения: 1 — венда, 2 — рифея; 3 — границы структурно-тектонических зон (а) и стратиграфические (б), 4 — разломы, 5 — основные структурно-тектонические подразделения: I — Шкапово-Шиханская впадина (Восточно-Европейская платформа), II — Урал; 6 — местоположение скважин, 7 — города.

Fig. 1. Map of the main structures and locations of wells (A) and the accepted stratigraphic scheme (B) [Sergeeva et al., 2021; Stratigraphic scheme..., 2000]

Legend to the map: 1–2 — deposits: 1 — Vendian, 2 — Riphean; 3 — boundaries of structural-tectonic zones (a) and stratigraphic (b), 4 — faults, 5 — main structural-tectonic divisions: I — Shkapovo-Shikhan depression (East-European Platform), II — Ural; 6 — location of wells, 7 — cities.

тотипом в скважине 51 Салиховская (интервал глубин 2955–3036) на востоке Восточно-Европейской платформы (ВЕРП), а наиболее полные разрезы свиты получены в Шкапово-Шиханской впадине по скважинам 184 и 188 Южно-Тавтимановские, 5 Шиханская, 6 Ахмеровская. Представительный материал для минералогического исследования пород салиховской свиты был отобран нами из керна глубокой скважины на Красноусольской разведочной площади (см. рис. 1).

Выбор салиховской свиты для изучения обусловлен тем, что слагающие её красноцветные песчаники, часто с гравием и мелкой галькой, служат хорошим маркирующим горизонтом при корреляции геологических разрезов верхнего венда Волго-Уральской области и складчатого Урала.

Несмотря на то, что породы свиты имеют достаточно подробную литолого-петрографическую характеристику, имеется крайне мало материалов, касающихся минералого-геохимических исследований породообразующих и акцессорных минералов.

В данной работе впервые для платформенных вендских отложений, наряду с литолого-петрографическими методами изучения пород в шлифах и количественно-минералогическим анализом тяжелой фракции дробленных проб-протолок, был использован метод растровой электронной микроскопии (РЭМ) в аншлифах.

Более углубленное минералого-геохимическое изучение пород свиты позволит в дальнейшем уточнить вещественный состав не только самой свиты, но и питающих провинций и провести реконструкцию палеобассейна.

Общая литолого-минералогическая характеристика салиховской свиты

Салиховская свита сложена разнозернистыми полимиктовыми, аркозовыми и полевошпат-кварцевыми песчаниками и алевролитами с редкими маломощными прослоями аргиллитов. Мощность отложений свиты колеблется от 32 м (скв. 16 Бавлинская) до 440 м (скв. 6 Ахмеровская).

Наиболее полно салиховская свита представлена керном в скважинах 184 и 188 Южно-Тавтимановские (см. рис. 1). Свита сложена полимиктовыми песчаниками зеленовато-серой, вишнево-красной, светло-коричневой иногда с буроватым оттенком окраски. Песчаники разнозернистые, часто гравийные, с рассеянной мелкой галькой (размером от 3×5–5×5 мм до 9×10×12 мм) и прослоями (от 1–3 до 5 см) мелкогалечниковых полимиктовых

конгломератов. Состав гальки и гравия: жильный кварц, вишнево-красный гранит, зеленовато-серый и серый аргиллит, полевой шпат. Обломочный материал не сортирован, наполнителем конгломератов служит песчано-гравийный полимиктовый материал. В скв. 184 Южно-Тавтимановская мощность отложений достигает 320 м.

На Южно-Тавтимановской площади по литолого-минералогическим данным салиховская свита была расчленена на три толщи [Козлов и др., 2009]. Средняя толща, сложенная полимиктовыми гравийными песчаниками и гравелитами с прослоями мелкогалечных конгломератов, имеет коричнево-бурю окраску пород и служит своеобразным маркирующим горизонтом в вендских отложениях региона. Акцессорные минералы во всех трех толщах образуют близкий существенно *гранатовый* состав акцессорно-минеральной ассоциации, но в верхней и нижней толщах для акцессорно-минеральной ассоциации характерна значительная концентрация эпидота, а для средней — гематита (табл. 1). Именно наличие эпидота в тяжелой фракции нижней и верхней толщ позволяет отличать салиховскую свиту от перекрывающей (карлинской) и подстилающей (старопетровской) свит, где эпидот присутствует в редких зернах.

Салиховская свита, вскрытая скважиной Красноусольской, имеет близкий состав и строение к разрезу свиты в скв. 184 Южно-Тавтимановская. Свита представлена преимущественно полимиктовыми разнозернистыми песчаниками. Алевролиты и аргиллиты, часто линзовидно-выклинивающиеся, имеют подчиненное значение. В средней части разреза свиты в песчаниках обособлен прослой (мощностью 1.8 м) полимиктовых конгломератов разногалечниковых (размер галек от 0.5×0.5 см до 3×5 см), с песчано-гравийным заполнителем желтовато-светло-серого цвета. Сортировка галечного материала слабая, гальки преимущественно окатанные. Состав галек: жильный кварц молочно-белый и розовый; темно-серые кремнистые обломки сургучно-красного яшмоидного облика; кварциты буровато-красные; присутствуют единичные гальки песчаников аркозовых, разнозернистых. Мощность свиты 215 м.

Ранее [Солодова, 2021] было установлено, что для песчаников салиховской свиты (скв. Красноусольская) характерны значительные концентрации гематита (см. табл. 1), а одним из основных минералов в акцессорно-минеральной ассоциации является гранат. Высокая концентрация гематита в тяжелой фракции песчаников и конгломератов

салиховской свиты в скв. Красноусольская позволяет сопоставить их со средней толщей салиховской свиты скв. 184 Южно-Тавтимановская.

Исследование песчаников салиховской свиты с помощью растровой электронной микроскопии

Для исследования нами был отобран наиболее типичный образец песчаника (S-1) из верх-

ней части разреза салиховской свиты, вскрытой Красноусольской скважиной (рис. 2).

Согласно петрографическим исследованиям изученный образец (S-1) представлен песчаником полимиктовым (со значительным содержанием аркозового материала), мелкозернистым (0.1–0.25 мм) с примесью тонкозернистого (0.05–0.1 мм) и алевритовых частиц, тонкослоистый. Слоистость обусловлена чередованием песчаника мелкозернистого с поровым (преобладает) и базально-поровым

Таблица 1. Среднее содержание минералов тяжелой фракции в отложениях салиховской свиты (г/т)
Table 1. Average content of heavy fraction minerals in sediments of the Salikhovo formation (g/t)

Скважины	6 Ахмеровская	4 Аслыкульская	Красноусольская	188 Южнотавтимановская		
				sl ¹	sl ²	sl ³
Кол-во проб	11	9	8	10	5	2
Минералы	кластогенные					
Циркон	3	48	106	59	11	9
Апатит	1	61	26	82	13	11
Турмалин	+	17	420	1	+	+
Гр. слюд	+	302	523	38	32	+
Сфен	+	-	-	-	-	-
Касситерит	-	+	-	-	-	-
Халькопирит	-	+	-	-	-	-
Магнетит	1	174	1	-	+	-
Гр. пироксена	5	-	119	-	-	-
Ильменит	-	-	147	-	-	-
Хромшпинелиды	+	+	-	+	-	-
Рутил	+	4	9	32	1	8
Анализ (брукит)	+	+	-	10	4	+
Лейкоксен	+	1	219	114	+	+
Гр. амфибола	+	-	14	-	-	-
Гр. эпидота	+	1805	49	225	-	96
Гр. граната	165	748	130	135	96	125
Кианит	+	-	-	-	-	-
Флюорит	+	-	-	-	-	-
Периклаз	+	-	-	-	32	-
	аутигенные					
Лимонит	59	685		-	1993	25
Пирит (марказит)	64	2	16	64	6	+
Гр. карбоната	9	14	6	+	+	-
Глауконит	+	+	-	+	-	-
Хлорит	+	+	1	1314	-	304
Гематит (мартит)	898	2106	1254	1330	1897	-
Барит	+	-	-	-	-	-
Малахит	+	-	-	-	-	-
Коллофан	-	-	-	-	-	-

Примечание. sl — салиховская свита (толщи: sl₁ — нижняя, sl₂ — средняя, sl₃ — верхняя).
Note. sl — Salikhovo formation (sequences: sl₁ — Lower, sl₂ — Middle, sl₃ — Upper).

цементом и слоев со значительным содержанием алевритовых и тонкозернистых песчаных частиц с базальным глинистым цементом. В составе песчаника преобладает кварц (50%) в угловатых, практически неокатанных зернах и полевой шпат (35%), представленный плагиоклазом с полисинтетическими двойниками и ортоклазом частично пелитизированным; слюда (10%) — мусковит бесцветный и зеленый биотит; обломки пород (5%) — кварциты и измененные в основном пели-

тизированные обломки. Как редкие зерна отмечены циркон, апатит, магнетит и частично лейкоксенизированный ильменит.

Электронно-микроскопические исследования проведены в аншлифах размером 2*2 см на сканирующем электронном микроскопе Tescan Vega 4 Compact с энерго-дисперсионным анализатором Xplorer 15 Oxford Instruments (ИГ УФИЦ РАН, Уфа. Аналитик — С. С. Ковалев). Обработка спектров производилась автоматически

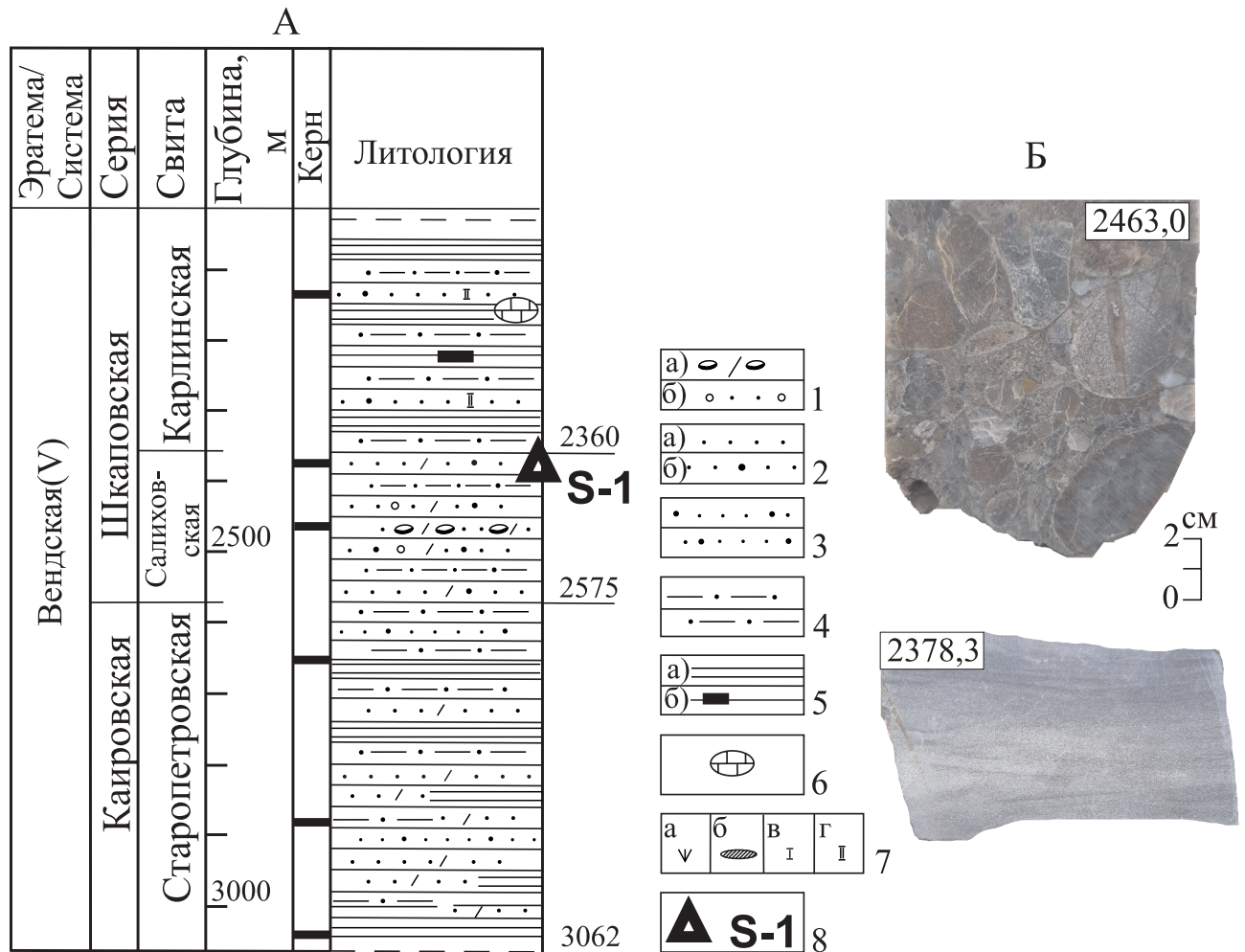


Рис. 2. Фрагмент литолого-стратиграфической колонки отложений венда Красноуловской скважины (А) и общий облик песчаников (обр. S-1, гл. 2378.3 м) и конгломератов (гл. 2463.0 м) салиховской свиты (Б). Фото С. А. Дьяковой

Условные обозначения: 1 — конгломераты (а) и гравелиты (б); 2–3–2 — песчаники кварцевые (а) и полевошпат-кварцевые (б), 3 — аркозовые; 4 — алевриты; 5 — аргиллиты глинистые (а), углеродистые (б); 6 — карбонатная конкреция; 7 — характеристика породы: глауконит (а), кремни (б), кальцитизация (в), доломитизация (г); 8 — место отбора образцов.

Fig. 2. Fragment of the lithological-stratigraphic column of the Vendian deposits of the Krasnousolsk well (A) and the general appearance of sandstones (sam. S1, d. 2378.3 m) and conglomerates (sam. 2463.0 m) of the Salikhovo formation (B). Photo by S.A. Dyakova

Legend: 1 — conglomerates (a) and gravelites (b); 2–3–2 — quartz sandstones (a) and feldspar-quartz (b), 3 — arkoze; 4 — siltstones; 5 — mudstones clay (a), carbonaceous (b); 6 — carbonate concretion; 7 — rock characteristics: glauconite (a), flints (b), calcitization (v), dolomitization (r); 8 — location of sampling.

при помощи программного пакета AzTec One с использованием методики TrueQ. При съёмке использованы следующие установки: ускоряющее напряжение 20 кВ, ток зонда в диапазоне 3–4 нА, время накопления спектра в точке 60 секунд в режиме «Point&ID».

Применение растровой электронной микроскопии позволило не только уточнить химический состав и кристаллохимические особенности основных (породообразующих) и акцессорных минералов, но и обнаружить минералы редкоземельных элементов (монацит и ксенотим) и тория (торит),

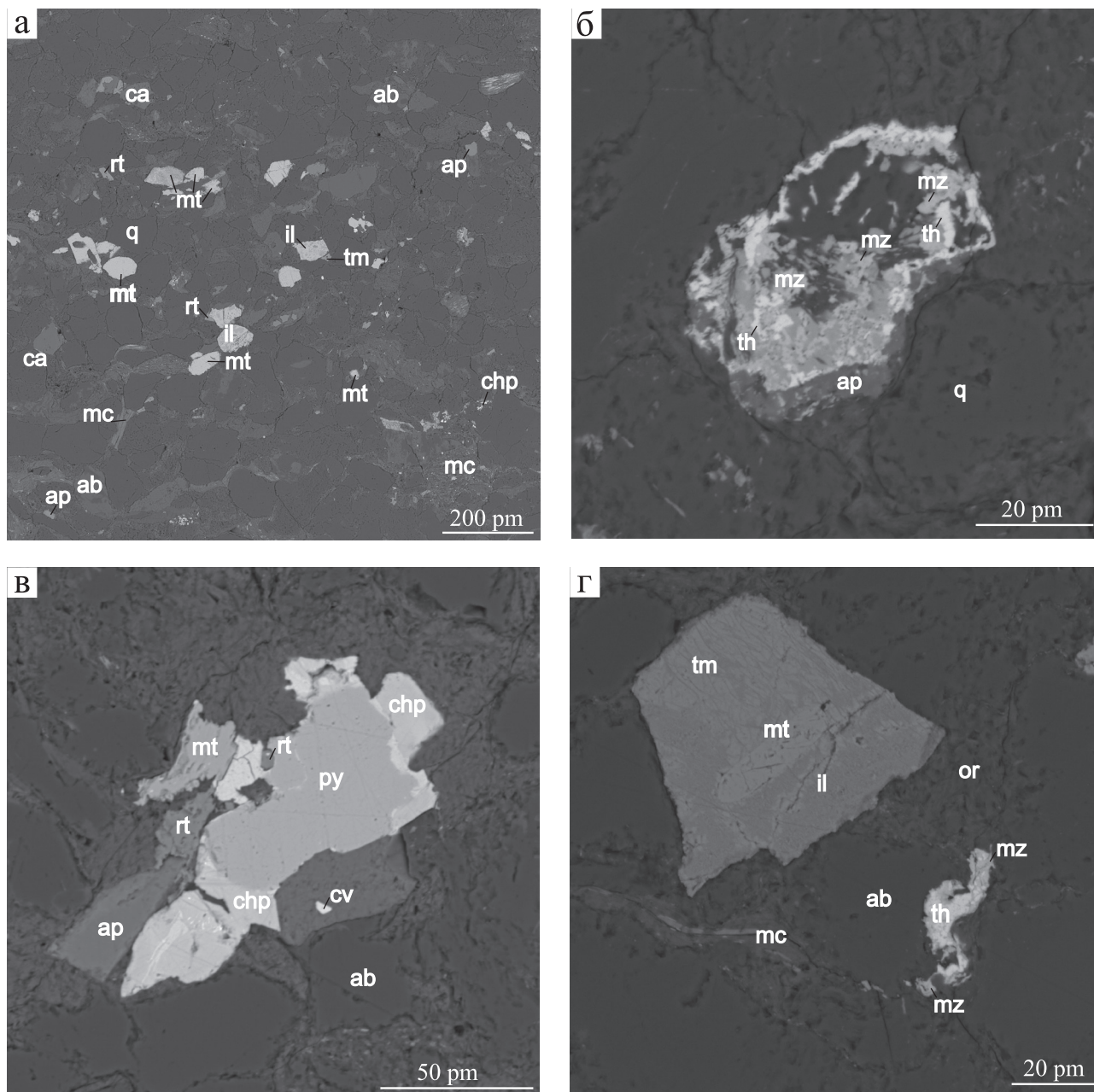


Рис. 3. Электронное изображение минералов, составляющих песчаники салиховской свиты (режим BSE)

Обозначения минералов: ab — альбит, ap — апатит, ca — кальцит, chp — халькопирит, cv — ковеллин, il — ильменит, mc — слюда, mt — магнетит, mz — монацит, or — ортоклаз, py — пирит, q — кварц, rt — рутил, th — торит, tm — титаномagnetит.

Fig. 3. Electronic image of minerals composing sandstones of the Salikhovo formation (BSE)

Mineral designations: ab — albite, ap — apatite, ca — calcite, chp — chalcopyrite, cv — covellin, il — ilmenite, mc — mica, mt — magnetite, mz — monazite, or — orthoclase, py — pyrite, q — quartz, rt — rutile, th — torite, tm — titanomagnetite.

ранее не отмечавшихся в отложениях салиховской свиты [Сергеева, 1986].

Основные породообразующие минералы представлены кварцем, плагиоклазом, калиевым полевым шпатом, а вторичные — хлоритом и минералами группы слюд (табл. 2, рис. 3).

По данным электронной микроскопии минералы группы *плагиоклаза* представлены альбитом, в качестве примесей в котором отмечены кальций (0.18–0.70 мас. %) и калий (0.07–0.13 мас. %). Из калиевых полевых шпатов присутствуют ортоклаз и санидин.

Из числа *вторичных глинистых минералов* определены Mg — Fe-хлориты (табл. 3) [Дриц, Коссовская, 1991], в небольшом количестве в них установлена примесь титана (0.45 мас. %), кальция (0.09 мас. %), марганца (0.63–0.71 мас. %). Наиболее часто встречающимся минералом группы слюд является фенгит (мусковит-селадонитовая серия).

Наибольший интерес представляют собственные минералы редкоземельных элементов и РЗЭ-содержащие. Основными установленными минералами-концентраторами легких редкоземельных элементов в отложениях салиховской свиты являются монацит, а тяжелых — ксенотим (табл. 4).

Монацит ((Ce, La, Nd, Th) [PO₄]) в изученном образце установлен в виде мелких (от 5 до 10 мкм) зерен неправильной формы часто в ассоциации с торитом. По химическому составу монацит относится к цериевой разновидности (Ce₂O₃ ≥ La₂O₃ (± Sm₂O₃) + Pr₂O₃ + Nd₂O₃). Кроме того, отмечены значимые содержания (табл. 4) гадолиния (0.61 мас. %), тория (2.60 мас. %) и празеодима (2.22 мас. %).

Торит (ThSiO₄) часто встречается в ассоциации с цирконом (см. рис. 3). Размеры индивидов достигают 10 мкм. Максимальное количество РЗЭ (La + Ce + Dy + Gd + Nd) в минерале составляет 10.73 мас. % (табл. 4).

Ксенотим (YPO₄) представлен в виде мелких зерен неправильной формы размером около 10 мкм, чаще всего отмечается в сростках с цирконом. В ксенотиме отмечены значительные содержания диспрозия (5.48 мас. %), эрбия (3.63 мас. %), иттербия (2.35 мас. %), гадолиния (2.14 мас. %) и гольмия (0.93 мас. %) (табл. 4).

Циркон (ZrSiO₄) является одним из важных минералов-геохронометров, концентратором РЗЭ (преимущественно тяжелых лантаноидов) и достаточно распространенным компонентом в тяжелой фракции песчаников салиховской свиты. В цирконах исследуемого образца в качестве примесей чаще всего присутствовал гафний (1.36 мас. %) (табл. 4).

Апатит (Ca₁₀(PO₄)₆(OH, F, Cl)₂) выделен в виде как крупных зерен (до 50 мкм), так и мелких (около 10 мкм) изометричных. Среди редкоземельных элементов отмечается церий (1.46 мас. %) и неодим (0.77 мас. %) (табл. 4).

Выводы

Результаты изучения песчаников салиховской свиты с помощью растровой электронной микроскопии позволили уточнить формульные коэффициенты как основных (породообразующих) и вторичных минералов, так и аксессуарных минералов (апатит, циркон, монацит, ксенотим, торит).

Таблица 2. Химический состав основных породообразующих минералов (мас. %)
 Table 2. Chemical composition of the main rock-forming minerals (mas. %)

№ п/п	1	2		3	4
SiO ₂	69.03	69.01	SiO ₂	49.72	62.28
CaO	0.18	0.14	Al ₂ O ₃	26.53	18.24
Na ₂ O	10.32	10.44	FeO	7.30	0.16
Al ₂ O ₃	18.76	18.62	Na ₂ O	0.24	1.25
K ₂ O	0.07	0.12	K ₂ O	8.92	14.58
Сумма	98.37	98.34	MgO	3.71	—
			Сумма	96.42	96.51
	1. [Na _{0.882} K _{0.004} Ca _{0.009}] _{0.9} (Al _{0.975} Si _{3.043}) ₄ O ₈ альбит 2. [Na _{0.893} K _{0.007} Ca _{0.007}] _{0.9} (Al _{0.968} Si _{3.045}) ₄ O ₈ альбит 3. [Na _{0.022} K _{0.545} Mg _{0.265}] _{0.8} (Al _{1.497} Fe _{0.292} Si _{2.380}) ₄ O ₈ ортоклаз 4. [Na _{0.115} K _{0.886}] ₁ (Al _{1.024} Fe _{0.006} Si _{2.968}) ₄ O ₈ санидин				

Примечание. Здесь и далее прочерк — содержание элемента ниже предела обнаружения.
 Note. Here and below the dash is the content of the element below the detection limit.

Впервые для салиховской свиты были диагностированы минералы редкоземельных элементов (монацит и ксенотим) и тория (торит).

Дальнейшее исследование минералого-геохимических особенностей терригенного вещества

вендских отложений позволит уточнить состав пород питающих провинций, послуживших источником кластического материала для палеобассейнов этого времени.

Таблица 3. Химический состав (мас. %) вторичных минералов
Table 3. Chemical composition (mas. %) secondary minerals

№ п/п	1	2		3
SiO ₂	30.42	26.51	Na ₂ O	0.28
TiO ₂	0.12		MgO	2.91
Al ₂ O ₃	16.94	23.61	Al ₂ O ₃	25.47
FeO	14.14	18.26	SiO ₂	51.45
MnO	0.71	0.63	K ₂ O	10.10
MgO	25.23	20.31	TiO ₂	0.19
CaO	0.09		FeO	4.22
K ₂ O	0.07	0.12	Сумма	94.62
Сумма	87.82	89.44		

1. {K_{0.007} Ca_{0.008}} [Mg_{2.931} Fe_{0.922} Mn_{0.047} Ti_{0.007}]_{3.9} (Si_{2.371} Al_{1.556})₄ O₁₀ OH₈ *хлорит*
 2. {K_{0.012}} [Mg_{2.363} Fe_{1.192} Al_{0.241} Mn_{0.042}]_{3.9} (Si_{2.069} Al_{1.931})₄ O₁₀ OH₈ *хлорит*
 3. {Na_{0.037} K_{0.871}}_{0.9} [Fe_{0.238} Mg_{0.293} Al_{1.505} Ti_{0.010}]₂ (Si_{3.476} Al_{0.524})₄ O₁₀ (OH₂)₂
мусковит-селадонитовая серия, фенгит

Таблица 4. Химический состав (мас. %) собственных минералов редкоземельных элементов и минералов, содержащих РЗЭ

Table 4. Chemical composition (mas. %) minerals of their own REE-elements and REE-containing minerals

№ п/п	1	2	3	4	5				
CaO	50.35	SiO ₂	30.44	Y ₂ O ₃	41.13	Na ₂ O ₃	0.62	ThO ₂	52.97
P ₂ O ₅	38.99	ZrO ₂	65.86	P ₂ O ₅	23.78	Al ₂ O ₃	1.35	SiO ₂	17.3
SiO ₂	1.50	FeO	2.20	FeO	7.45	SiO ₂	4.52	Y ₂ O ₃	9.23
Na ₂ O	0.81	HfO ₂	1.36	SiO ₂	6.61	P ₂ O ₅	26.34	P ₂ O ₅	4.27
Ce ₂ O ₃	1.46	Al ₂ O ₃	0.35	Dy ₂ O ₃	5.48	SO ₃	3.59	Ce ₂ O ₃	3.93
SO ₃	0.65	Сумма	99.86	Er ₂ O ₃	3.63	K ₂ O	3.49	CaO	2.49
FeO	0.35			Yb ₂ O ₃	2.35	La ₂ O ₃	13.10	Nd ₂ O ₃	1.94
Nd ₂ O ₃	0.77			Gd ₂ O ₃	2.14	Ce ₂ O ₃	31.09	Dy ₂ O ₃	1.8
Сумма	94.88			ZrO ₂	2.12	PrO ₂	2.22	La ₂ O ₃	1.69
				Ho ₂ O ₃	0.93	Nd ₂ O ₃	9.12	Gd ₂ O ₃	1.37
				Sm ₂ O ₃	0.51	Gd ₂ O ₃	0.61	FeO	0.81
				TiO ₂	0.45	ThO ₂	2.60	Sm ₂ O ₃	0.97
				V ₂ O ₅	0.32	Сумма	98.65	Сумма	98.78
				UO ₂	0.37				
				Сумма	97.97				

1. Na_{0.288} Ca_{9.877} Fe_{0.054} Si_{0.275} P_{6.043} S_{0.089} O₂₆ *апатит*
 2. Fe_{0.045} Hf_{0.020} Zr_{1.225} Si_{0.752} O₄ *циркон*
 3. {Dy_{0.09} Er_{0.05} Yb_{0.04} Gd_{0.04} Zr_{0.04} Fe_{0.260} Si_{0.276}} Y_{0.996} P_{0.841} O₄ *ксенотим*
 4. (Ce_{0.430} La_{0.200} Si_{0.093} Nd_{0.04} Al_{0.070} Th_{0.015} Pr_{0.02} Gd_{0.005})_{0.93} (P_{0.883} Si_{0.118}) O_{4.0} *монацит*
 5. Th_{0.64} Y_{0.13} Ce_{0.04} Nd_{0.08} Dy_{0.08} La_{0.07} (Si_{0.78} P_{0.15}) O₄ *торит*

Список литературы

Дриц В. А., Коссовская А. Г. Глинистые минералы: слюды, хлориты. М.: Наука, 1991. 176 с.

Козлов В. И., Сергеева Н. Д., Михайлов П. Н. Стратиграфические подразделения пограничных отложений верхнего рифея и венда западного Башкортостана // Бюллетень Региональной межведомственной стратиграфической комиссии по центру и югу Русской платформы. Вып. 4. М.: РАЕН, 2009. С. 40–44.

Сергеева Н. Д. Сопоставление вендских отложений западного крыла Башкирского мегантиклинория (Южный Урал) и юго-восточной окраины Русской плиты по акцессорным минералам // Докембрий и палеозой Южного Урала: Сборник научных трудов. Уфа: БФАН СССР, 1986. 115 с.

Сергеева Н. Д., Пучков В. Н., Карасева Т. В. Верхний протерозой (рифей и венд) Волго-Уральской области в параметрических и глубоких скважинах. Уфа: Книга-Принт, 2021. 196 с.

Сергеева Н. Д., Солодова С. А. Литолого-петрографическая характеристика и стратиграфическое расчленение допалеозойских отложений в разрезе скважины 40 Красноустьевская (Предуральский краевой прогиб) // Геологический вестник. 2020. № 3. С. 55–67. DOI: 10.31084/2619–0087/2020-3-4

Солодова С. А. Литолого-минералогические особенности отложений салиховской свиты в разрезе новой Красноустьевской скважины в Предуральском краевом прогибе и куккараукской свиты Южного Урала // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П. Н. Чирвинского: сборник научных статей/отв. ред. И. И. Чайковский; Пермский государственный национальный исследовательский университет. Пермь, 2021. Вып. 24. С. 236–243.

Стратиграфическая схема рифейских и вендских отложений Волго-Уральской области: Объяснительная записка/Составители Е. М. Аксенов, В. И. Козлов. Уфа, 2000. 81 с. + схема 2 л.

References

Drits V. A., Kossovskaya A. G. (1991). *Glinistye mineraly: sljudy, hlority* [Clay minerals: micas, chlorites]. M.: Nauka. 176 p. (In Russian).

Kozlov V. I., Sergeeva N. D., Mikhailov P. N. (2009). Stratigraphic subdivisions of the boundary deposits of the Upper Riphean and Vendian of western Bashkortostan // *Bulleten' Regional'noi mezvedomstvennoi stratigraficheskoi komissii po centru i yugu Russkoi platformy*. [Bulletin of the Regional Interdepartmental Stratigraphic Commission for the center and south of the Russian Platform]. M.: RAEN. Is. 4. P. 40–44.

Sergeeva N. D. (1986). Comparison of Vendian deposits of the western wing of the Bashkirian meganticlinorium (Southern Urals) and the southeastern margin of the Russian Plate by accessory minerals. *Dokembrii i paleozoj Juzhnoy Urala: Sbornik nauchnykh trudov* [Precambrian and Paleozoic of the Southern Urals: A collection of scientific papers]. Ufa: BFAN USSR. 115 p. (In Russian).

Sergeeva N. D., Puchkov V. N., Karaseva T. V. (2021). *Verhnii proterozoi (rifei i vend) Volgo-Ural'skoi oblasti v parametricheskikh i glubokikh skvazhinakh* [Upper Proterozoic (Riphean and Vend) of the Volga-Ural region in parametric and deep wells]. Ufa: Book-Print. 196 p. (In Russian).

Sergeeva N. D., Solodova S. A. (2020). Litho-petrographic characteristics and stratigraphic dissection of Pre-Paleozoic deposits in the section of well 40 Krasnousolskaya (Preduralsky regional trough). *Geologicheskii vestnik*. No. 3. P. 55–67. (In Russian). DOI: 10.31084/2619–0087/2020-3-4

Solodova S. A. (2021). Lithological and mineralogical features of the deposits of the Salikhovskaya formation in the section of the new Krasnousolskaya well in the Pre-Ural regional trough and the Kukkarauk formation of the Southern Urals. *Problemy mineralogii, petrografii i metallogenii. Nauchnye chteniya pamyati P. N. Chirvinskogo: sbornik nauchnykh statei/otv. red. I. I. Chajkovskii; Permskii gosudarstvennyi natsional'nyi issledovatel'skii universitet* [Problems of mineralogy, petrography and metallogeny. Scientific readings in memory of P. N. Chirvinsky: collection of scientific articles/ed. by I. I. Tchaikovsky; Perm State National Research University. Perm]. Is. 24. P. 236–243. (In Russian).

Stratigraphic scheme of the Riphean and Vendian deposits of the Volga-Ural region: Explanatory note/Compiled by E. M. Aksenov, V. I. Kozlov. Ufa, 2000. 81 p. + scheme 2 l. (In Russian).

Сведения об авторах:

Сергеева Нина Дмитриевна, ведущий научный сотрудник, канд. геол.-минер. наук, Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), Россия, г. Уфа. riphey@ufaras.ru

Дьякова Светлана Андреевна, младший научный сотрудник, Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа. Solodova.IG@yandex.ru

About the authors:

Sergeeva Nina Dmitrievna, leading Researcher, candidate of geological and mineralogical sciences, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Russia, Ufa. riphey@ufaras.ru

Dyakova Svetlana Andreevna, junior researcher, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa. Solodova.IG@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 09.10.2023; одобрена после рецензирования 09.10.2023; принята к публикации 10.11.2023

The article was submitted 09.10.2023; approved after reviewing 09.10.2023; accepted for publication 10.11.2023