

УДК 553.3:553.9

М.М. Михненко^{1,2}, С.А. Дьякова¹, Н.Д. Сергеева¹

¹Институт геологии УФИЦ РАН, г. Уфа

²Институт природы и человека УУНиТ, г. Уфа

ПЕСЧАНИКИ САЛИХОВСКОЙ СВИТЫ ВЕНДА В РАЗРЕЗЕ СКВАЖИНЫ 4 АСЛЫКУЛЬСКАЯ ВОЛГО-УРАЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ (ДАННЫЕ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ ПОРОДООБРАЗУЮЩИХ И АКЦЕССОРНЫХ МИНЕРАЛОВ)

Салиховская свита верхнего венда Волго-Уральской области – важный литостратиграфический горизонт для межрегиональных корреляций, наличие проявлений нефти и газа позволяют рассматривать свиту объектом для поиска углеводородов. Изучены песчаники салиховской свиты (скв. 4 Аслыкульская) на сканирующем электронном микроскопе. Уточнен состав породообразующих и акцессорных минералов, определены ранее не диагностируемые минералы редкоземельных элементов, что позволит в дальнейшем выделить дополнительные критерии корреляции и уточнить возможные источники кластики для песчаников салиховской свиты.

Ключевые слова: минералогия, салиховская, свита, венд, сканирующая электронная микроскопия.

DOI: 10.17072/chirvinsky.2025.104

В пределах Волго-Уральской области (юго-восточная окраина Восточно-Европейской платформы) вендские отложения развиты в Верхнекамской и Шкапово-Шиханской впадинах, разделенных Сарапульско-Яныбаевской седловиной. Отложения венда мощностью более 2 км со структурным несогласием залегают на подстилающих образованиях рифея и кристаллического фундамента и наиболее полно представлены в Шкапово-Шиханской впадине. Здесь в разрезе венда выделены каировская (сергеевская, байкибашевская и старопетровская свиты) и шкаповская (салиховская и карлинская свиты) серии [6]. Характерным литостратиграфическим горизонтом шкаповской серии является салиховская свита, красноцветные песчаники и алевролиты которой вскрыты многими скважинами на Южно-Тавтимановской, Кабаковской, Северо-Кушкульской, Кушкульской, Аслыкульской, Ахмеровской и др. разведочных площадях.

Первоначально салиховская свита (V_2sl) выделена К.Р. Тимергазиным в 1953 г. [8] в качестве нижней песчаниковой толщи шкаповской свиты со стратотипом в скважине 51 Салиховская, позднее

было рекомендовано к использованию наименование свиты (салиховская) [4]. В разрезе скважины 51 Салиховской из интервала 2861–2867 м был поднят песчаник, пропитанный нефтью. Этот факт стал причиной интереса к отложениям салиховской свиты как перспективного объекта для поиска углеводородов. К сожалению, разрез салиховской свиты скв. 51 Салиховская по ряду причин не отвечает условиям, предъявляемым к стратотипам [7], поэтому возникла необходимость выявления эталонных разрезов свиты.

В качестве опорного разреза для салиховской свиты предлагается параметрическая скв. 4 Аслыкульская, расположенная в районе оз. Аслы-Куль, в 110 км юго-западнее г. Уфы (см. рис. 1). Отложения свиты в скважине вскрыты в интервале глубин 2430–2550 м и представлены полимиктовыми песчаниками мелко- и среднезернистыми, обычно хорошо или средне сортированными и алевролитами розовато- и зеленовато-серыми, вишневыми и темно-вишневыми с неравномерными тонкими прослоями темно-вишневых и голубовато-зеленых глинистых пород.

Ранее для уточнения литолого-минералогического состава отложений свиты и получения информации о петрофонде питающих провинций выполнено изучение терригенных пород салиховской свиты с использованием метода тяжелых фракций [2]. Результаты этих исследований показали, что в составе шлиховых минералов песчаников (скв. 4 Аслыкульская) преобладают: циркон, апатит, турмалин, слюды (минералы-спутники кислых по составу пород), рутил, эпидот, гранат и др. (минералы метаморфических пород). Из числа аутигенных минералов отмечена повышенная концентрация гематита, в подчиненном значении лимонит, пирит и барит. Песчаники характеризуются существенно-гранатовой минеральной ассоциацией с повышенной концентрацией эпидота и гематита. Основной минерал ассоциации, гранат, представлен полуокатанными обломками кристаллов неправильной формы со ступенчато-черепитчатым рельефом граней, бледно-розовой и розовой окраски с лиловым или красноватым оттенками, отмечаются темно-розовые разности, размеры обломков изменяются от 0.075х0.075 до 0.1х0.15 мм.

Для уточнения химического состава и кристаллохимических особенностей породообразующих и акцессорных минералов песчаников салиховской свиты нами использованы возможности сканирующей электронной микроскопии (СЭМ).

Электронно-микроскопическое изучение состава минералов проведено в аншлифах (4 образца с глубин 2499, 2523.3, 2523.5 и 2543 м) на сканирующем электронном микроскопе Tescan Vega 4 Compact с

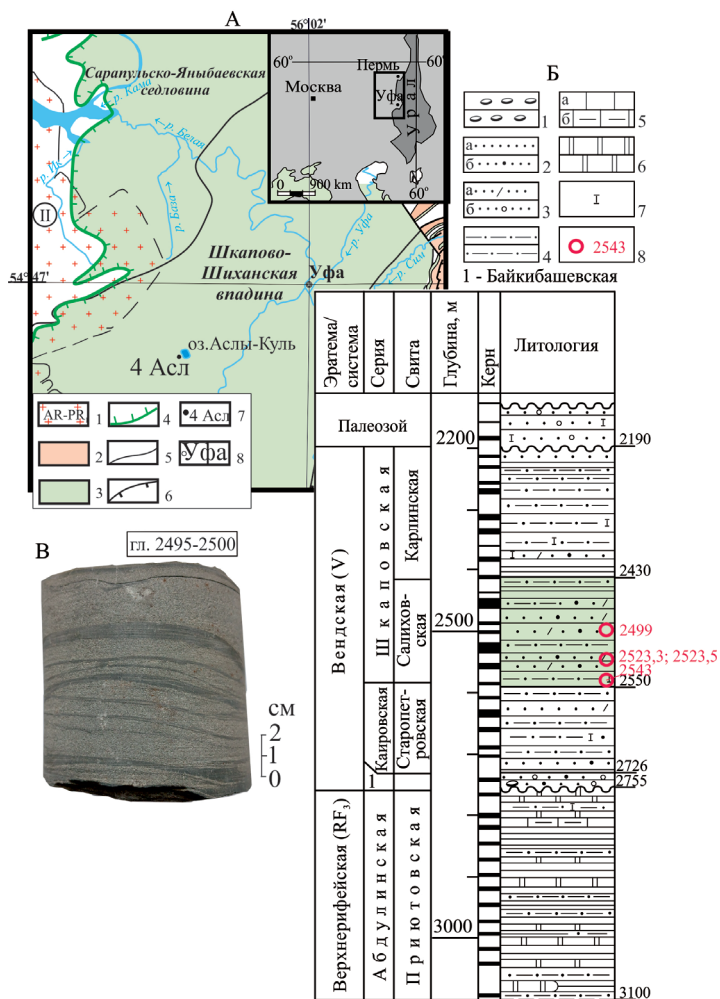


Рис. 1. Обзорная карта распространения вендских отложений в пределах Волго-Уральской области (А), по [1, 3], фрагмент разреза верхнепротерозойских отложений по скважине 4 Аслюкульская (Б), по [5], и образец ядра песчаников с прослоями аргиллитов (В)

Условные обозначения к карте (А): 1–3 – отложения: 1 – архей – раннего протерозоя, 2 – рифей, 3 – венда; 4–6 – границы: 4 – распространения вендских отложений, 5 – стратиграфические, 6 – тектонические; 7 – местоположение скважины; 8 – населенные пункты.

К колонке (Б): 1 – конгломераты; 2–3 – песчаники: 2 – кварцевые (а) и полевошпат-кварцевые (б); 3 – полимиктовые (а) и гравийные (б); 4 – алевролиты; 5 – известняки кристаллические (а) и глинистые (б); 6 – доломиты; 7 – кальцитизация, 8 – глубины отбора проб.

энерго-дисперсионным анализатором Xplorer 15 Oxford Instruments (ИГ УФИЦ РАН, Уфа), аналитик С.С. Ковалев. Пересчет химических составов на формульные коэффициенты минералов осуществлялся с использованием программного обеспечения Excel и MineralCalc.

Основные пороодообразующие минералы представлены кварцем, плагиоклазом, калиевым полевым шпатом (рис. 2).

Минералы группы плагиоклаза включают: альбит с примесью кальция (0.16–0.48 мас. %), калия (0.07–1.22 мас. %), железа (0.09–0.62 мас. %) и редко титана (0.37%); анортит с примесью марганца (0.13–0.31 мас. %), титана (0.14 мас. %) и скандия (0.14–0.28 мас. %).

Минералы группы калиевых полевых шпатов в основном представлены ортоклазом и реже санидином. В ортоклазе содержание натрия достигает 0.15–1.18 мас. %, присутствуют железо (0.10–2.32 мас. %), магний (0.66–1.25 мас. %), титан (0.09–0.62 мас. %) и барий (0.19–1.07 мас. %). Санидин содержит примесь железа (0.10–0.34 мас. %) и бария (0.38 мас. %).

В песчаниках часто присутствует барит в угловато-окатанных обломках (кластогенный) или зернах неправильной формы (аутигенный), заполняющих межзерновое пространство (рис. 2, гл. 2543).

Для некоторых акцессорных минералов: циркона, фторапатита, рутила и ульвошпинели уточнены состав и морфология.

Для циркона характерна форма нахождения в виде кристаллов с хорошо сохранившимися гранями, их размеры достигают 100 мкм (рис. 2, гл. 2523.5). По химическому составу для всех обнаруженных цирконов характерно присутствие примеси гафния (0.75–1.25 мас. %), в единичных точках определены натрий (0.23 мас. %) и железо (0.23–0.28 мас. %).

Фторапатит присутствует в виде зерен небольшого размера (15–60 мкм), слабо окатанных. Химический состав отличается наличием примесей натрия (0.14 мас. %), хлора (0.3 мас. %), марганца (0.26 мас. %), железа (0.2–0.29 мас. %) и церия (0.6 мас. %).

Отмечен обломок породы, состоящий из зерен рутила и ульвошпинели (рис. 2, гл. 2523.5). В ульвошпинели неравномерно распределены примеси алюминия (0.09 мас. %) и кальция (0.12 мас. %). Для рутила характерны довольно крупные зерна размером от 20 мкм до 100 мкм, примесь кремния (0.10–0.14 мас. %), кальция (0.07–0.11 мас. %), железа (0.30–6.15 мас. %), ниобия (0.29–0.47 мас. %), единично марганца (0.24 мас. %) и ванадия (0.54 мас. %).

Минералы редкоземельных элементов представлены Семонацитом (преимущественно), алланитом и ксенотимом. Размеры их зерен составляют 10–35 мкм. Довольно часто монацит присутствует в

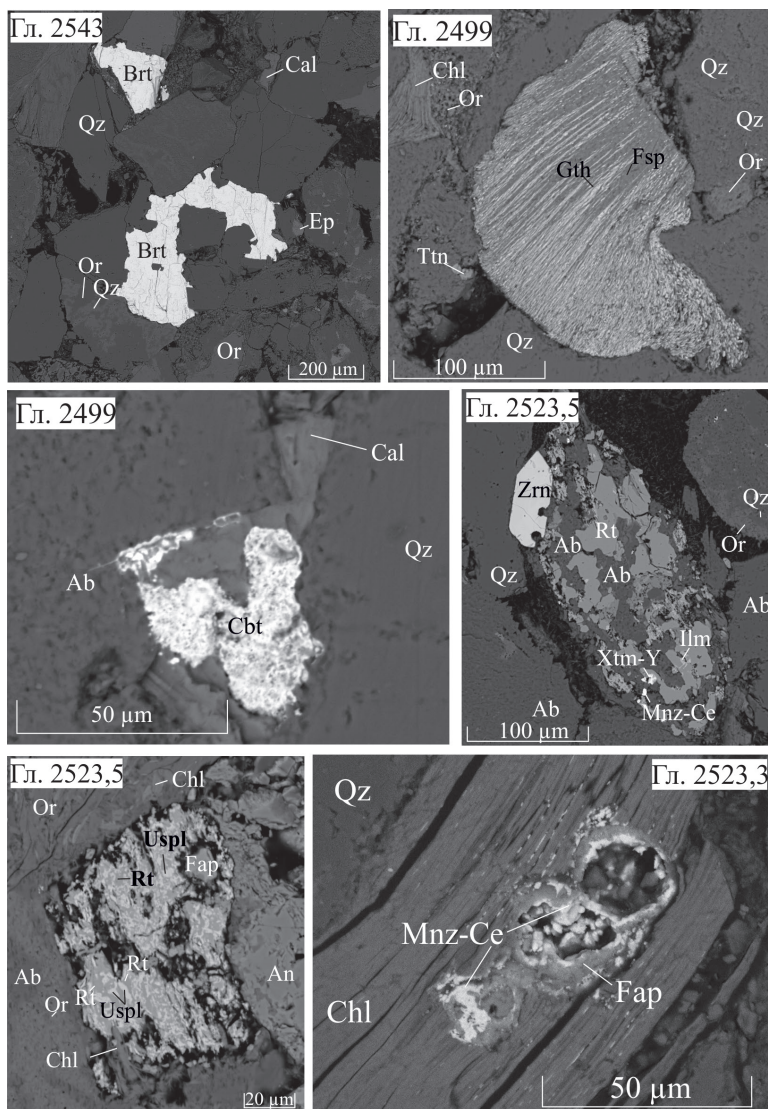


Рис. 2. Минеральное разнообразие песчаников салиховской свиты, полученное по данным сканирующей электронной микроскопии (СЭМ)

Условные обозначения: Qz – кварц, Or – ортоклаз, Ab – альбит, An – анортит, Fsp – полево шпат, Brt – барит, Cal – кальцит, Ep – эпидот, Chl – хлорит, Mnz-Ce – Цемонацит, Xtm-Y – Y-ксенотим, Gth – гётит, Ilm – ильменит, Zrn – циркон, Uspl – ульвошпинель, Rt – рутил, Fap – фторапатит, Ttn – титанит, Cbt – кобальтин.

виде окатанных зерен или мелких агрегатов, заполняющих межзерновое пространство. Также отмечено присутствие монацита в виде неправильных зернистых масс, заполняющих внутренние округлые пустотные пространства и нарастающих на внутренней поверхности сфер, которые снаружи покрыты апатитом (возможно коллофаном) (рис. 2, гл. 2523.3).

Рудные минералы представлены преимущественно гётитом и в единичных зернах ильменитом, титанитом, кобальтином (рис. 2, гл. 2499). Гётит присутствует в волокнистых агрегатах и зернах с размерами от 15 мкм до 100–200 мкм. Иногда отмечаются зерна полевого шпата, замещенные гетитом (см. рис. 2, гл. 2499).

Таким образом, в ходе исследований с использованием сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) уточнен химический состав и пересчитаны формульные коэффициенты минералов, слагающих песчаники салиховской свиты. Так в числе породообразующих минералов кроме кварца, ортоклаза и альбита определены санидин и анортит. В группе минералов редкоземельных элементов отмечены Се-монацит (преимущественно), алланит и ксенотим, ранее не диагностированные в шлихах из-за маленького размера зерен. Среди рудных разностей впервые встречены кобальтин и титанит.

Данные изучения СЭМ породообразующих и аксессуарных минералов в осадочных толщах венда, в комплексе с другими методами исследования вещества, могут помочь при решении целого ряда геологических задач: корреляции стратифицированных толщ, уточнении состава пород питающих провинций и палеогеографических реконструкций осадочных бассейнов.

Работа выполнена в соответствии с планами научно-исследовательских работ Института геологии Уфимского федерального исследовательского центра РАН, г. Уфа (тема гос. задания FMRS-2025-0016).

Библиографический список

1. Башкова С.Е., Субботина Н.Б., Карасева Т.В. Закономерности строения рифейских и вендских отложений Волго-Уральского нефтегазоносного бассейна // Вестник Пермского университета. 2011. Вып. 3. С. 8–17.
2. Козлова О.В., Ратов А.А., Солодова С.А., Бояркин С.А. Литолого-петрографические и минералогические особенности ашинской молассы венда на Южном Урале // Геологический вестник. 2019. №. 2. С. 88–101. DOI: <http://doi.org/10.31084/2619-0087/2019-2-7>
3. Козлова О.В., Солодова С.А., Ратов А.А. Новые данные минералогических исследований отложений старопетровской свиты венда в разрезе глубокой скважины 40 Красноуфимская (Предуральский краевой прогиб) // Геологический вестник. 2020. № 3. С. 68–75. DOI: 10.31084/2619-0087/2020-3-5

4. Объяснительная записка к схеме стратиграфии верхнего докембрия Русской платформы. Киев: ИГ АН УССР, 1978. 36 с.
5. *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.
6. Стратиграфическая схема рифейских и вендских отложений Волго – Уральской области: Объяснительная записка / Сост. Е. М. Аксенов, В. И. Козлов. Уфа. 2000. 91 с. и схема на 2-х листах.
7. Стратиграфический кодекс России. Издание третье, исправленное и дополненное. СПб.: Издательство ВСЕГЕИ, 2019. 96 с.
8. Тимергазин К.Р. Доживетские отложения Западной Башкирии. Девон Русской платформы. М.: Гостоптехиздат, 1953. С.179–183

SANDSTONES OF THE SALIKHOVO FORMATION, VENDIAN IN
THE SECTION OF WELL 4, ASLYKUL, VOLGA-URALIAN AREA
(ELECTRON MICROSCOPY DATA OF ROCK-FORMING AND
ACCESSORY MINERALS)

M.M. Mikhnenko, S.A. Dyakova, N.D. Sergeeva

riphey@ufaras.ru

The Salikhovo Formation of the Upper Vendian of the Volga-Uralian area is an important lithostratigraphic horizon for interregional correlations; the presence of oil and gas manifestations allows us to consider the suite as an object for hydrocarbon exploration. Sandstones of the Salikhovo Formation (well 4 Aslykul) were studied using a scanning electron microscope. The composition of rock-forming and accessory minerals was clarified, previously undiagnosed minerals of rare earth elements were identified, which will allow us to further identify additional correlation criteria and clarify possible sources of clastics for the sandstones of the Salikhovo Formation.

Keywords: mineralogy, Salikhovo, Formation, Vendian, scanning electron microscopy