

УДК 551.3.051

ЛИТОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ УРЮКСКОЙ СВИТЫ В ТОЛПАРОВСКОМ РАЗРЕЗЕ ВЕНДА (ЮЖНЫЙ УРАЛ)

© 2023 г. В. М. Горожанин*, С. В. Мичурин, В. Ф. Юлдашбаева

*Институт геологии Уфимского федерального исследовательского центра РАН,
ул. Карла Маркса, 16/2, Уфа, 450077, Россия*

** e-mail: Gorozhanin@ufaras.ru*

Поступила в редакцию 06.06.2023 г.

После доработки 21.08.2023 г.

Принята к публикации 04.09.2023 г.

Приводятся новые результаты литологических наблюдений и петрографического изучения пород урюкской свиты, представленных песчаниками и гравелитопесчаниками с подчиненными прослоями аргиллитов, обнажающихся в бассейне р. Малый Толпар в Башкирском мегантиклинории. Впервые установлено широкое развитие в урюкских отложениях конседиментационных подводно-оползневых складок, размеры которых варьируют от первых десятков сантиметров до первых метров. В песчаниках зафиксировано присутствие косой, косоволнистой, флазерной и горизонтальной, со двоянным характером тонких глинистых слоек, слоистости, а также слоев с массивной текстурой. Установлены знаки мелкой волновой ряби. Обнаружены механоглифы и текстуры, сходные с *Agumbegia banksi*, которые предположительно представляют литифицированные структуры бактериальных матов, существовавших в мелководно-морских терригенных обстановках. Делается вывод о том, что урюкские отложения, несмотря на отсутствие в них прямых литологических признаков диамиктитов, образуют с подстилающими толпаровско-суировскими марино-гляциальными отложениями единую осадочную последовательность, в которой в урюкское время установился мелководно-морской режим осадконакопления. Показано, что присутствие железистых минералов в цементе песчаников носит вторичный характер и связано с их эпигенетическими преобразованиями. Сделан вывод, что красноцветную окраску пород свиты не следует использовать для стратификации ее разрезов и реконструкции условий осадконакопления в урюкское время.

Ключевые слова: песчаники, гравелитопесчаники, урюкская свита, венд, Башкирский мегантиклинорий, Южный Урал.

DOI: 10.31857/S0024497X24010051

В стратиграфии верхнедокембрийских отложений Южного Урала, которая имеет длительную историю изучения и в общих чертах была разработана еще в 1930–1940-х гг. [Олли, 1948], нерешенными остаются некоторые проблемы, связанные с самым верхним членом стратиграфической последовательности — ашинской серией венда. К ним относятся вопросы формационной принадлежности литостратиграфических единиц, их возраста и объема, палеогеодинамического режима формирования [Пучков, 2010; Маслов, 2014; Сергеева и др., 2019; Горожанин, 2021; Дуб, 2021].

Терригенные породы серии практически всеми исследователями генетически рассматриваются как молассовые отложения, накопившиеся

в результате разрушения древнего орогена — Палеоурала [Олли, 1948], в современной интерпретации, позднедокембрийского Палеотимана [Пучков, 2010; Маслов, 2014; Сергеева и др., 2019], или кристаллического фундамента Русской платформы [Беккер, 1968].

Ашинская серия залегает с перерывом на верхнерифейских отложениях, и ранее в качестве ее базальной свиты рассматривалась урюкская свита, обнажающаяся в западной части Башкирского мегантиклинория [Беккер, 1968]. Позднее стратиграфически ниже урюкских отложений выделена бакеевская свита глауконит-содержащих песчаников и алевролитов в верховьях р. Зилим (разрез Бакеево) [Беккер, 1975]. Несколько севернее Бакеево на р. Зилим

в разрезе Толпарово присутствует комплекс пород с диамиктитами, объединяемый в толпаровскую и суировскую свиты и стратиграфически параллелизуемый с бакеевской свитой [Келлер и др., 1984; Горожанин, 1988; Козлов, Горожанин, 1993]. По результатам литологических наблюдений он отнесен к марино-гляциальным отложениям [Горожанин и др., 2015, 2019]. В восточной части Башкирского мегантиклинория (Криволукский и Аршинский районы) — между отложениями верхнего рифея и гравелитопесчаниками байназаровской свиты (стратиграфического аналога урюкской свиты) известны ледниковые диамиктиты кургашлинской и аршинской свит [Стратотип рифея..., 1983]. Комплекс аршинских диамиктитов некоторые исследователи выделяют в отдельную серию — аршиний [Козлов и др., 2011; Краснобаев, 2012; Пучков и др., 2014] с нижней возрастной границей 750–770 млн лет [Пучков, Сергеева, 2021; Сергеева, Пучков, 2022].

Однако, несмотря на то, что ледниковые диамиктиты восточного и западного крыльев Башкирского мегантиклинория залегают с размывом на разновозрастных карбонатах уксской свиты верхнего рифея, стратиграфическая корреляция их не очевидна. Этому мешает, во-первых, то, что изотопные датировки базального уровня нижневендских отложений (в бакеевской свите это глауконит с Rb-Sr возрастом 642 ± 9 млн лет [Зайцева и др., 2019]) не стыкуются с нижней возрастной границей аршиния примерно на 110–130 млн лет. Во-вторых, комплекс характерных отложений, представленный аркозовыми песчаниками урюкской свиты на западном и байназаровской свиты на восточном крыльях Башкирского мегантиклинория и перекрывающий диамиктитовые отложения, отсутствует в районе распространения аршинских вулканитов. По крайней мере, нельзя исключить того, что диамиктиты в аршинских отложениях и толпаровской свите относятся не к одному, а к разным гляциогенным уровням.

В этой связи возникает необходимость изучения пограничных отложений, в частности в более детальной литолого-фациальной характеристике урюкской свиты, по сути являющейся единственной литостратиграфической единицей, перекрывающей дискуссионный стратиграфический уровень, однотипной как для криволукского (восточного), так и для толпаровского (западного) районов распространения диамиктитов в пределах Башкирского мегантиклинория.

В данной работе обсуждаются результаты литологических наблюдений и петрографического изучения терригенных пород урюкской свиты, обнажающихся в придорожных выемках строящейся дороги в бассейне р. Малый Толпар в районе д. Толпарово. Литологических исследований пород этого разреза ранее не проводилось. В западной части Башкирского мегантиклинория породы урюкской свиты обычно плохо обнажены и не дают полных разрезов. По данным Ю. Р. Беккера [1988], из двенадцати разрезов свиты только в двух мощность отложений достигает 200–220 м. В. И. Козловым [1982] был предложен в качестве гипостратотипа разрез свиты по р. Зилим в устье р. Сарышка мощностью 350 м. Толпаровский разрез урюкской свиты является одним из самых полных и хорошо обнаженных разрезов мощностью около 400 м, и представляет собой наиболее подходящий объект для решения поставленных задач. Литологическое изучение этого разреза с фиксацией индикаторных для реконструкции условий осадконакопления литологических признаков представляет актуальную задачу. Цель предлагаемой статьи — реконструкция условий осадконакопления и выяснение генезиса отложений урюкской свиты.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ И ХАРАКТЕРИСТИКА ТОЛПАРОВСКОГО РАЗРЕЗА УРЮКСКОЙ СВИТЫ

Толпаровский разрез урюкской свиты располагается в бассейне р. Зилим на восточном крыле Авдырдакской антиклинали в Алатауском антиклинории Башкирского мегантиклинория (рис. 1). Антиклиналь сложена терригенными и карбонатными верхнерифейско-вендскими отложениями, в которых закартирована крупная эрозионная впадина [Келлер и др., 1984; Горожанин, 1988], шириной до 18 км, выполненная отложениями толпаровской и суировской свит. Установленная амплитуда стратиграфического размыва, составляющая около 1 км, а также признаки палеокарста в карбонатах миньярской свиты верхнего рифея [Горожанин и др., 2017] свидетельствуют об относительно длительном стратиграфическом перерыве между рифеем и вендом.

Описываемый разрез урюкской свиты вскрыт в 2.5 км к юго-востоку от Толпарово в придорожных выемках строящейся дороги на левом берегу руч. Сыглыелга в 1200 м выше его устья (рис. 2). Контакт между урюкскими и подстилающими их отложениями суировской

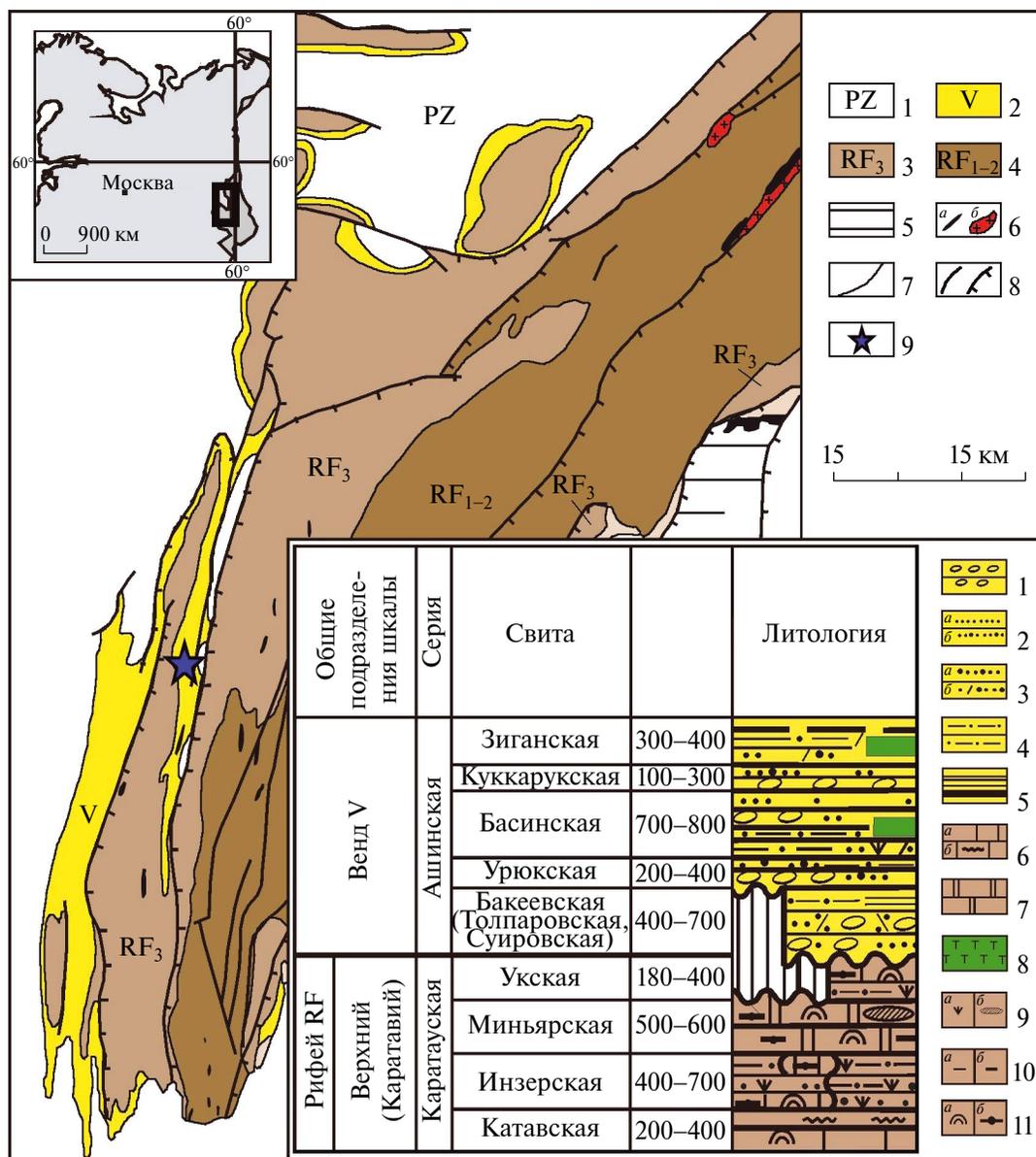


Рис. 1. Схематическая геологическая карта отложений рифея и венда Башкирского мегантиклинория с расположением изученного разреза урюкской свиты и сводная литолого-стратиграфическая колонка каратауской (верхний рифей) и ашинской (венд) серий (по работе [Сергеева и др., 2019], с изменениями)

Карта: 1–5 – нерасчлененные отложения: 1 – палеозоя (PZ), 2 – венда (V), 3 – верхнего рифея (RF₃), 4 – нижнего и среднего (RF₁₋₂), 5 – Уралтауский и Уфалейский метаморфические комплексы; 6 – магматические породы: габбро (а) и граниты (б); 7 – геологические границы; 8 – основные тектонические нарушения; 9 – местоположение толпаровского разреза урюкской свиты.

Колонка: 1 – конгломераты; 2, 3 – песчаники: кварцевые (2а), полевошпатово-кварцевые (2б), аркозовые (3а), полимиктовые (3б); 4 – алевролиты; 5 – аргиллиты; 6 – известняки ленточно-слоистые (а) и струйчатые (б); 7 – доломиты; 8 – туфы; 9 – глауконит (а), кремни (б); 10 – глинистость (а), углеродистость (б); 11 – строматолиты (а), микрофолиты (б).

свиты скрыт от наблюдения – между коренными выходами пород имеется задернованный участок протяженностью около 50–60 м. Далее по направлению на юго-восток стратиграфически снизу вверх вскрываются следующие слои урюкской свиты.

1. Песчаники аркозовые, разнозернистые, светло-серые с желтоватым оттенком, серые, средне- и толстоплитчатые с прослоями полимиктовых гравелитов. В составе обломков отмечаются кварц (65–80 об. %), полевые шпаты (10–20 об. %), различные породы (кварцит, гранит, аргиллит,

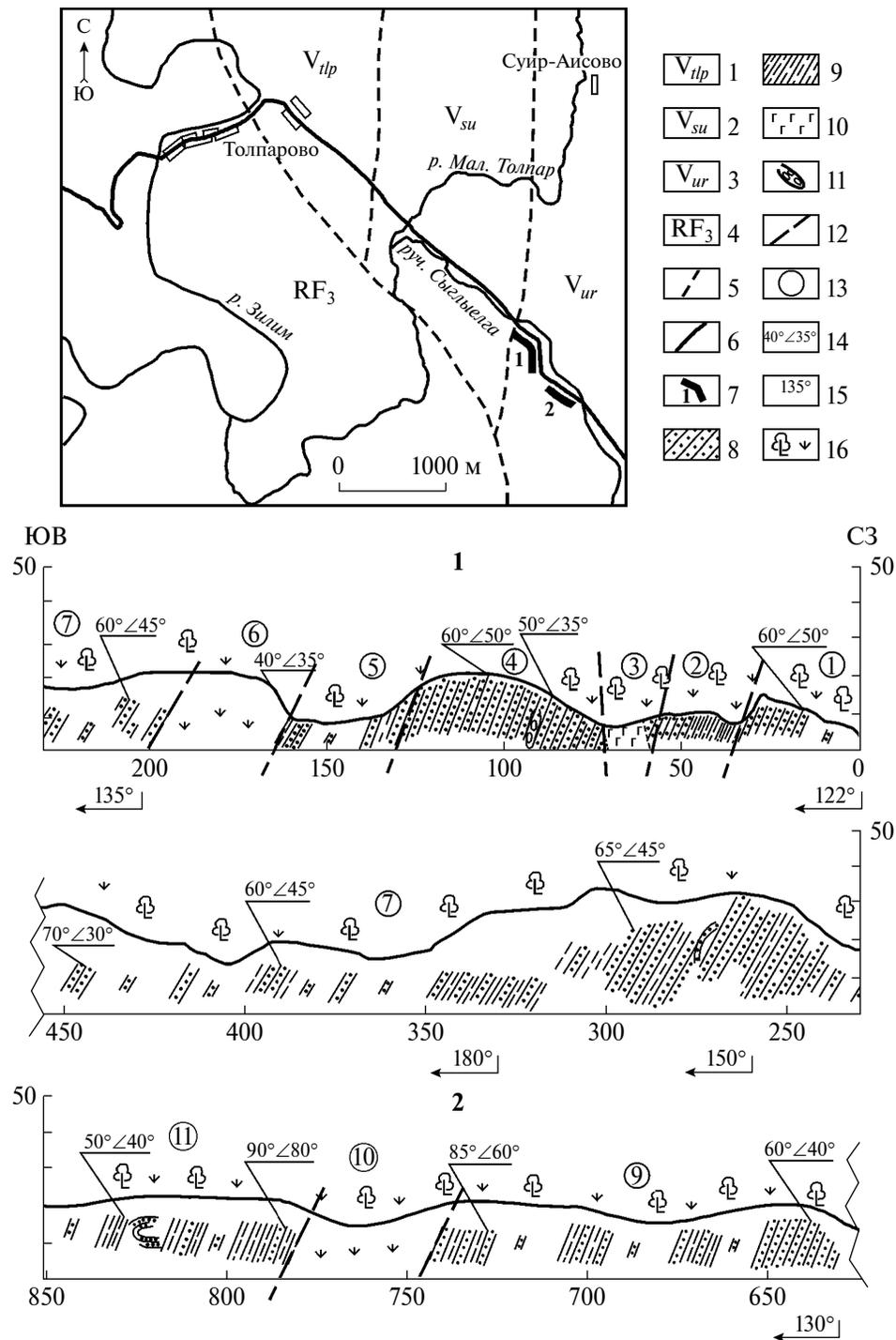


Рис. 2. Геологическая схема района д. Толпарово, положение и геологический разрез урюкской свиты 1–3 – отложения венда, свиты: 1 – толпаровская (V_{tlp}), 2 – суировская (V_{su}), 3 – урюкская (V_{ur}); 4 – нерасчлененные отложения верхнего рифея (RF_3); 5 – геологические границы; 6 – автодорога; 7 – положение и номера фрагментов изученного разреза урюкской свиты; 8 – песчаники; 9 – аргиллиты и алевролиты; 10 – габбродолериты; 11 – гравелиты; 12 – границы слоев; 13 – номера слоев; 14 – элементы залегания пород; 15 – азимут маршрута; 16 – задернованные участки.

алевролит) (5–10 об. %). Из полевых шпатов преобладает плагиоклаз, калиевый полевой шпат (КПШ) имеет подчиненное значение. В породах фиксируются линзы и скопления грубого галечно-го материала с разно ориентированными литокластами глинисто-алевролитового состава. Падение слоистости ВСВ $60^\circ \angle 50^\circ$. Мощность 18 м.

2. Алевролиты кварцевые, зеленовато-серые, тонкослоистые за счет глинистых прослоев, плитчатые, с прослоями аргиллитов темно-серых; слоистость горизонтальная. В конце слоя присутствует прослой (1.5 м) темно-серых полимиктовых гравелитов. Падение слоистости ВСВ $60^\circ \angle 50^\circ$. Мощность 11.5 м.

3. Элювиальные выходы габбродолеритов. Видимая мощность 12 м.

4. Песчаники аркозовые, средне- и крупнозернистые, светло-серые с желтоватым и зеленоватым оттенками, с прослоями полимиктовых гравелитов. В нижней части слоя (отм. 90–100 м) наблюдаются подводно-оползневые складки размером от 0.2 до 1.5 м. В песчаниках отмечается горизонтальная, косая и косоволнистая слоистость. Косая слоистость характеризуется параллельным расположением слойков мощностью 1–15 мм, имеющих юго-восточное падение под углами $15\text{--}30^\circ$. Косоволнистая слоистость имеет волнисто изогнутые поверхности наложения, внутри каждого прослоя, мощностью от 1–2 до 7–8 см, фиксируется более мелкая косая и параллельная слоистости с мощностью отдельных слойков 1–2 мм. Состав обломков – кварц (65–75 об. %), полевые шпаты (10–25 об. %), различные породы (кварцит, гранит, аргиллит, алевролит) (5–10 об. %). В составе полевых шпатов преобладает плагиоклаз, КПШ имеет подчиненное значение. Падение слоистости ВСВ $50\text{--}60^\circ \angle 35\text{--}50^\circ$. Мощность 29 м.

5. Песчаники аркозовые, средне- и крупнозернистые, светло- и темно-серые, с прослоями (0.5–1.5 м) алевролитов кварцевых, зеленовато-серых, тонкослоистых за счет глинистых прослоев. В составе обломков песчаников отмечаются кварц (75–80 об. %), полевые шпаты (7–10 об. %), различные породы (кварцит, гранит, аргиллит, алевролит) (5–10 об. %). В составе полевых шпатов возрастает доля КПШ. Падение слоистости СВ $40^\circ \angle 35^\circ$. Мощность 15.5 м.

6. Задерновано 32 м. В элювии – редкие обломки песчаников аркозовых мелко- и среднезернистых, серых с желтоватым оттенком.

7. Песчаники и гравелитопесчаники аркозовые, мелко-, средне- и крупнозернистые, розовато-серые, розовые, красноватые, красно-коричневые

с прослоями алевролитов и аргиллитов красновато-серых, вишнево-красных. Песчаники характеризуются горизонтальной слоистостью, часто со сдвоенным характером тонких глинистых слойков, а также слоями с массивной беспорядочной текстурой. В нижней части слоя (отм. 260–280 м) наблюдаются подводно-оползневые складки размером от 0.3 до 3.0 м. В составе обломков песчаников отмечаются кварц (70–90 об. %), полевые шпаты (5–15 об. %), различные породы (кварцит, гранит, аргиллит, алевролит) (5–10 об. %). В составе полевых шпатов возрастает доля КПШ. Падение слоистости ВСВ $60\text{--}85^\circ \angle 30\text{--}60^\circ$. Мощность 124 м.

8. Задерновано 175 м. Редкие обломки песчаников аркозовых, мелко- и среднезернистых, красновато-коричневых.

9. Песчаники аркозовые, мелко- и среднезернистые, розовые, красноватые, красно-коричневые с прослоями алевролитов и аргиллитов красновато-серых, вишнево-красных. Падение слоистости ВСВ $60\text{--}85^\circ \angle 40\text{--}60^\circ$. Мощность 68 м.

10. Задерновано 40 м. Редкие обломки песчаников аркозовых мелко- и среднезернистых, красновато-коричневых.

11. Переслаивание песчаников аркозовых, мелко-, среднезернистых, красно-коричневых и алевролитов, аргиллитов, вишнево-красных. В средней части слоя (отм. 820–830 м) наблюдаются подводно-оползневые складки размером от 0.3 до 1.5 м. В составе песчаников отмечаются кварц (75–85 об. %), полевые шпаты (10–15 об. %), слюда (3–5 об. %). В составе полевых шпатов возрастает доля КПШ. Падение слоистости ВСВ $50\text{--}90^\circ \angle 40\text{--}80^\circ$. Мощность 40.5 м.

Залегающие выше песчаники имеют зеленовато-серую окраску и полимиктовый состав, что является характерными чертами песчаников басинской свиты. Непосредственный контакт между урюкскими и басинскими отложениями задерновано. Породы урюкской свиты имеют одинаковые элементы залегания, как с подстилающими, так и с перекрывающими их отложениями (северовосточное и восток-северовосточное падение под углами $35\text{--}85^\circ$).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В толпаровском разрезе урюкской свиты выделяются две толщи, отличающиеся окраской пород. В нижней части разреза породы желтовато- и зеленовато-серые, в верхней – розовато-серые, розовые, красные и вишнево-красные.

Нижняя (сероцветная) толща, мощностью около 90 м, представлена песчаниками и гравелитопесчаниками с редкими прослоями алевролитов и аргиллитов. Песчаники нижней толщи часто смяты в подводно-оползневые складки, размеры которых варьируют от первых десятков сантиметров до первых метров (рис. 3а). В породах отмечается косая и косоволнистая слоистость (см. рис. 3б, 3в).

В песчаниках и гравелитопесчаниках преимущественно аркозового состава наблюдаются линзовидные скопления крупных галек жильного кварца, полевых шпатов, гнейсовидных гранитов (см. рис. 3б, 3г, 3д). В тонкозернистых породах — алевролитах, аргиллитах — преобладает горизонтальная слоистость. Для грубозернистых пород — песчаников, гравелитов — типично присутствие линз грубого галечного материала с уплощенными обломками алевролитов и аргиллитов.

В верхней красноцветной толще, мощностью более 330 м, также преобладают песчаники, чередующиеся с более частыми, нежели в нижней сероцветной толще, прослоями вишнево-красных алевролитов и аргиллитов. В составе песчаников практически отсутствует грубый гравийный материал, характерный для нижней сероцветной толщи.

В песчаниках установлены следующие типы слоистости — флазерная, с «хвостатым» расщеплением (см. рис. 3е) и горизонтальная, со сдвоенным характером тонких глинистых слоев (см. рис. 3ж). Наряду со слоистыми отложениями присутствуют слои с массивной беспорядочной текстурой (см. рис. 3з), а также подводно-оползневые складки (см. рис. 3з). На поверхностях напластования песчаников встречаются знаки мелкой волновой ряби (см. рис. 3и, 3л), а на контротпечатках поверхностей напластования наблюдаются механоглифы (см. рис. 3к).

Иногда на поверхностях напластования фиксируются необычные текстурные формы. Так, на «глянцевой» глинистой поверхности напластования со знаками ряби наблюдаются шнурообразные структуры тонких валиков круглого и овального сечения, выполненных грубым песком (см. рис. 3л). Выделяются две морфологические разновидности. Первая (А, см. рис. 3л) располагается вдоль хребтика ряби, вторая (Б, см. рис. 3л) сечет знаки ряби почти перпендикулярно, укорочена и не имеет такой же правильной формы, как первая разновидность.

В обломочной части песчаников сероцветной толщи присутствуют кварц, кварциты, аргиллиты, деградированные слюды, полевые шпаты (преимущественно кальций-натриевые и в меньшей степени калиевые). Содержание кварцевых зерен составляет 70–80, полевых шпатов — 15–25 об. %. Присутствуют акцессорные минералы (апатит, циркон, рудные минералы), из которых чаще встречаются цирконы, иногда совершенно не окатанные. Степень окатанности обломочных зерен сравнительно слабая; в песчаниках и гравелитах она выше, чем в алевролитах. Первичный (раннедиагенетический) цемент в песчаниках представлен несколькими разновидностями (рис. 4а–4е): пленочным иллитовым, игольчато-крустификационным хлоритовым, железистым заполнением пор и регенерационно-кварцевым. Пленки иллита наблюдаются вокруг обломочных зерен, а также развиты в виде тонких прожилков по спайности полевых шпатов. Хлоритовый цемент иногда образует игольчатые каемки заполнения межзерновых пор. Цемент такого же иллит-хлоритового состава присутствует в алевролитах (см. рис. 4ж, 4з). При наличии секущих трещин по минералам глинистого состава развивается гематитизация. Наиболее поздним является регенерационно-кварцевый цемент, который заполняет все оставшееся пространство межзерновых пор (см. рис. 4д, 4е).

В обломочной части песчаников красноцветной толщи присутствуют кварц, кальций-натриевые и калиевые полевые шпаты. Содержание кварцевых зерен составляет 80–90, полевых шпатов — 5–15 об. %. В небольших количествах присутствуют пластинчатые реликты измененных слюд, глауконит и акцессории.

Как и в породах сероцветной толщи, в песчаниках красноцветной толщи присутствует несколько разновидностей цемента (см. рис. 4и–4о): пленочный иллит-хлоритового состава, железистый заполнения пор и регенерационно-кварцевый. Первый проявлен ограниченно из-за последующих вторичных изменений, он сохранился только между близко расположенными обломочными зернами и практически отсутствует в крупных межзерновых порах, где замещается цементом железистого состава (см. рис. 4п, 4р). Оксиды железа представлены гетитом и гематитом.

Глауконит в песчаниках красноцветной толщи наблюдается в виде довольно редких бледно-зеленых округлых микроконкреций размером 5–100 мкм (см. рис. 4н, 4о), имеющих микроглобулярное строение. На фоне



Рис. 3. Литологические особенности отложений урюкской свиты а–д – нижняя (сероцветная) толща: а – подводно-оползневая складка в песчаниках, б – песчаник с горизонтальной и косой слоистостью, в песчанике присутствуют крупный литокласт гранито-гнейса, в – полого-наклонная косая слоистость в песчанике с тайдалитовой полосчатостью (стрелки) и складками оползания, г – косоволнистая слоистость в песчанике, д – гравийные включения кварца, литокласты полевого шпата и аргиллитов в песчанике; е–м – верхняя (красноцветная) толща: е – флазерная слоистость в мелкозернистом красноцветном песчанике, ж – контакт песчаника с отчетливо выраженной слоистостью приливно-отливного типа (сверху) с массивным несортированным разнозернистым песчаником (снизу), з – подводно-оползневая складка в песчано-глинистой толще, и – знаки яриби (черная стрелка) и валовообразная структура (белая стрелка) на поверхности напластования песчаников, к – меганоглифы – следы механического воздействия, размыва или оплывания вследствие нагрузки на полужидкий осадок, л – валики в виде слабо извилистых шнуров (следы стекания и разрыва сплошности), выполненных грубым песком, на “глиняевой” глинистой поверхности напластования со знаками яриби (А – вдоль хребтика яриби, Б – укороченная разновидность, перпендикулярно секущая знаку яриби); м – арумбериформный(?) отпечаток на поверхности песчаника.

микроструктурного строения часть кристаллитов в глауконитовых конкрециях имеет больший размер, что указывает на то, что они испытали частичную перекристаллизацию. Кроме того, глауконитовые микроконкреции иногда подвержены вторичному ожелезнению. Изредка наблюдается (см. рис. 4н, 4о), что в окружении плотного регенерационно-кварцевого цемента ожелезнение развито ограниченно, лишь в виде небольшой поверхностной пленки, а в открытых, проницаемых порах, глауконитовые микроконкреции, как правило, полностью замещены железо-окисными соединениями.

Выполненное петрографическое изучение по основным литотипам урюкской свиты показывает, что в породах нижней сероцветной и верхней красноцветной толщ наблюдаются некоторые различия, касающиеся как состава обломочной составляющей, так и состава цемента. В составе обломков песчаников красноцветной толщи отмечается увеличенная доля кварца и уменьшенная — полевых шпатов. Для пород сероцветной толщи характерен полевошпатово-кварцевый состав обломочной части и преобладающий хлоритиллитовый состав первичного цемента. Поздние изменения фиксируются развитием вторичной кварцевой цементации и гематитовых прожилков. Характерными чертами песчаников красноцветной толщи являются: 1) преимущественно кварцевый состав обломочной части; 2) присутствие нескольких типов цемента; 3) присутствие глауконита; 4) присутствие гематита.

На классификационной диаграмме В. Д. Шутова [1967] фигуративные точки песчаников нижней (сероцветной) толщи урюкской свиты попадают в поле мезомиктовых кварцевых песчаников, верхней (красноцветной) толщи — мезомиктовых кварцевых и кремнекласитово-кварцевых песков, реже в поле полевошпатово-кварцевых граувакк (рис. 5а). На классификационной диаграмме Ф. Петтиджона с соавторами [Pettijohn et al., 1987] песчаники нижней толщи отвечают составу преимущественно лититов, в меньшей степени — суббаркозов и граувакк, песчаники верхней толщи — главным образом суббаркозов. Небольшое количество фигуративных точек песчаников верхней толщи находится в полях сублититов и аркозов.

Минералогия

По результатам энергодисперсионного микроанализа, выполненного на электронном микроскопе Tescan Vega Compact с анализатором Xplorer 15 Oxford Instruments (напряжение 20 кВ, ток зонда 4 нА) установлено, что кальций-натриевые

плагиоклазы в песчаниках красноцветной толщи отвечают составу олигоклаза с содержанием анортитового минала на уровне 14–23%, КПШ представлены барий-содержащим ортоклазом (содержания ВаО до 1.3 мас. %) (рис. 6а). В ортоклазе часто фиксируются мелкие включения барита. В песчаниках красноцветной толщи олигоклазы являются наименее устойчивыми породообразующими минералами и часто почти нацело замещены мелкочешуйчатыми агрегатами мусковита, клинохлора, нередко с примесью мелкодисперсного гетита. Из аксессуарных минералов отмечаются обломочные ильменит, монацит-(Се), фтор-апатит (см. рис. 6б, 6в). Иногда в межзерновом пространстве песчаников обнаруживается глауконит (см. рис. 6г). Ильменит изредка полностью замещен гетитом (см. рис. 6д). В открытых порах часто в ассоциации с тонкочешуйчатым мусковитом фиксируются мелкие таблички новообразованных полевых шпатов, микроклина и альбита, а также многочисленные включения тонкодисперсного гетита (см. рис. 6г, 6е).

Для диагностики минералогического состава аргиллитов урюкской свиты использован рентгенографический метод (дифрактометр “ДРОН-4”, $\text{Cu K}\alpha$ -излучение, 2θ 4–60°, шаг 0.02°). В аргиллитах диагностированы (рис. 7): кварц (межплоскостные расстояния 3.34 и 4.25 Å), полевые шпаты — альбит (4.03 Å), микроклин (3.25 Å), иллит (3.33, 10.00, 4.46 Å), гематит (2.70 и 3.67 Å), а также деградированные слюды — мусковит (2.56 и 10.00 Å). Отличия аргиллитов из нижней (сероцветной) и верхней (красноцветной) толщ состоят в присутствии гематита в вишнево-красных тонкозернистых породах и отсутствии его в серо-зеленых. Кроме того, в аргиллитах нижней толщи отмечается большее количество полевых шпатов по сравнению с аргиллитами верхней толщи.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Литологические особенности

Одним из важнейших литологических признаков, по которому можно реконструировать условия осадконакопления, является слоистость. В породах урюкской свиты нами наблюдались следующие типы слоистости: горизонтальная, косая и косоволнистая. Горизонтальная слоистость часто не выдержана и осложнена складками оползания. Этот тип слоистости чаще встречается в верхней красноцветной толще толпаровского разреза (см. рис. 3ж). Косонаслоенные слои мощностью 20–70 см состоят из серии косых, выполаживающихся к подошве

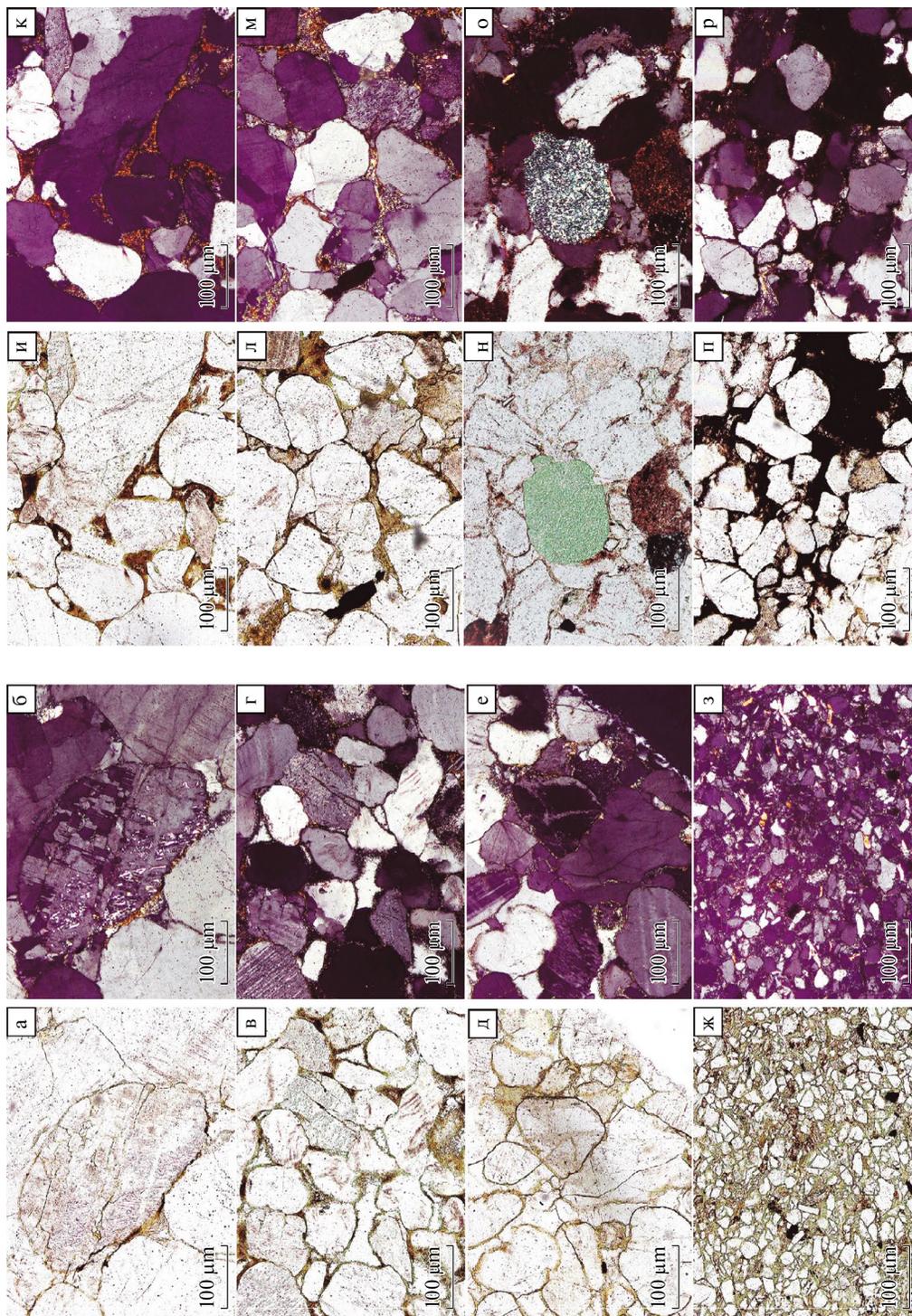


Рис. 4. Петрографические особенности пород урюкской свиты
 а–з – нижняя (сероцветная) толща; и–р – верхняя (красноцветная) толща; для каждой толщи слева фото – в проходящем свете, справа – в поляризованном, николи скрещены.
 а–е – различные типы цемента в полевошпат-кварцевых песчаниках нижней толщи: а, б – гидрослюдистый пленочный, в, г – хлоритовый игольчато-крустификационный и железистый поровый, д, е – хлорит-гидрослюдистый и регенерационно-кварцевый; ж, з – глинисто-хлоритовый цемент в алевролите; и–м – различные типы цемента в песчаниках верхней толщи: и, к – железистый крустификационный заполнения пор, л, м – ожелезненный хлорит-гидрослюдистый; н, о – микроконкреции глауконита в песчанике с железистой цементацией прожилкового типа и регенерационно-кварцевым цементом, одно зерно глауконита затронуто гематитизацией только с поверхности, другое – замешено нацело; п, р – интенсивная вторичная гематитовая послойная цементация в кварцевом песчанике.

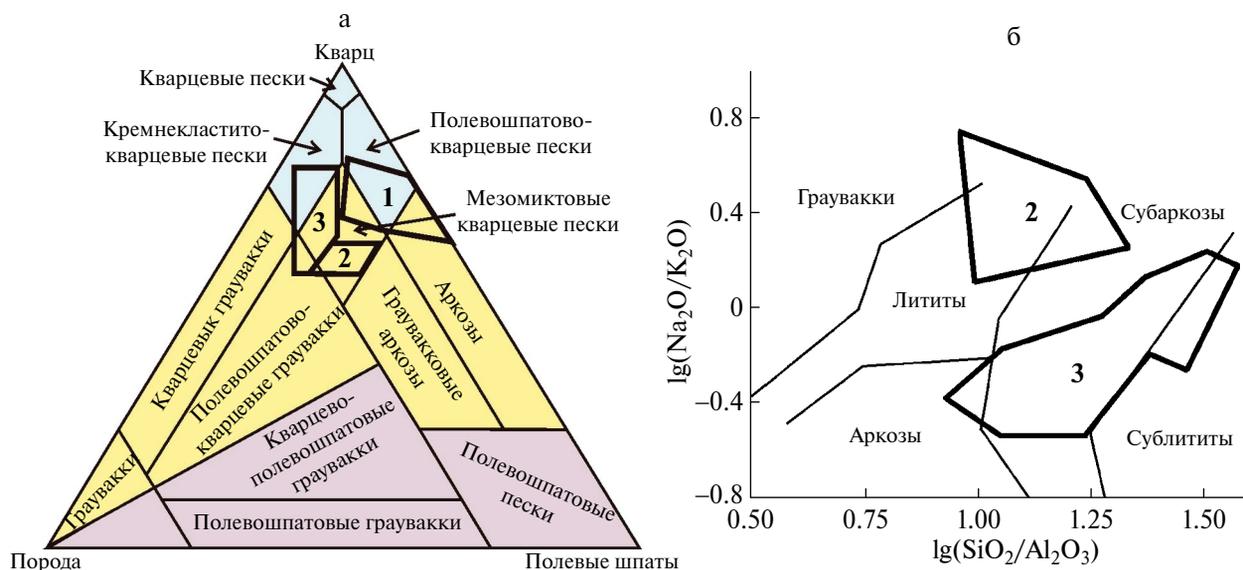


Рис. 5. Положение полей составов песчаников урюкской свиты на классификационных диаграммах В. Д. Шутова [1967] (а) и Ф. Петтиджона с соавторами [Pettijohn et al., 1987] (б)
1 – по данным работы [Козлов, 1982]; 2, 3 – авторские материалы: 2 – нижняя (сероцветная) толща; 3 – верхняя (красноцветная) толща.

слояков, имеют разнонаправленный, иногда мультислойный характер и срезают друг друга под углами 5–15°. Как в горизонтально, так и в косо наложенных песчаниках проявлена мелкая ритмичная (тайдалитовая) полосчатость, обусловленная сдвоенным характером более тонких прослоев другой гранулометрии (см. рис. 3в). Она выражена во всех типах слоистости и указывает на приливно-отливной характер гидродинамической деятельности [Smith, 1988; Clark et al., 1998; Dalrymple, Choi, 2003; Chakrabarti, 2005; Friedman, Chakraborty, 2006; Donselaar, Geel, 2007; Desjardins, Mangano, 2012 и др.]. В отдельных косослоистых сериях наблюдаются неотчетливые признаки градационности (см. рис. 3в), связанные с наличием более грубозернистых слояков ближе к подошвенной части (см. рис. 3в), эрозионные поверхности, подводно-оползневые деформации, а также прослои, обогащенные включениями галек различной степени окатанности (рис. 3в, 3г). В песчаниках сероцветной части разреза наблюдается мелкая косоволнистая слоистость (см. рис. 3в), свидетельствующая о волнении водной среды при осадконакоплении. Большое количество подводно-оползневых складок, имеющих размер от первых сантиметров до 1.5–2.0 м (см. рис. 3а, 3в, 3з) также может указывать на нестабильную и активную гидродинамику. Присутствие наряду с горизонтально-слоистыми отложениями слоев

с массивной текстурой (см. рис. 3ж) свидетельствует о том, что спокойный характер мелководного осадконакопления с влиянием приливов и отливов резко прерывался из-за повышенного привноса терригенного материала.

В силу плохой обнаженности пород урюкской свиты слоистость в них относительно малоизучена. М. Л. Ключина [1963], изучавшая направления сноса терригенного материала по ориентировке косой слоистости в ашинской серии Южного Урала, описала ее во всех свитах серии, за исключением урюкской. Ю. Р. Беккер в песчаниках урюкской свиты установил присутствие слоистых, неясно слоистых и неслоистых разновидностей пород. Помимо горизонтальной им описана косая слоистость с прямолинейным параллельным расположением слояков, которые резко срезаются в их подошве и кровле [Беккер, 1968]. Такой тип слоистости указанным исследователем рассматривается как характерный признак русловых отложений.

В толпаровском разрезе косая слоистость с прямолинейным параллельным расположением слояков нами не встречена, зафиксирована только перекрестная с вогнутыми поверхностями слоевых швов и разнонаправленная косая слоистости, которые могут формироваться не только в русловых, но и в морских условиях [Полевая геология..., 1989]. Наблюдаемая нами

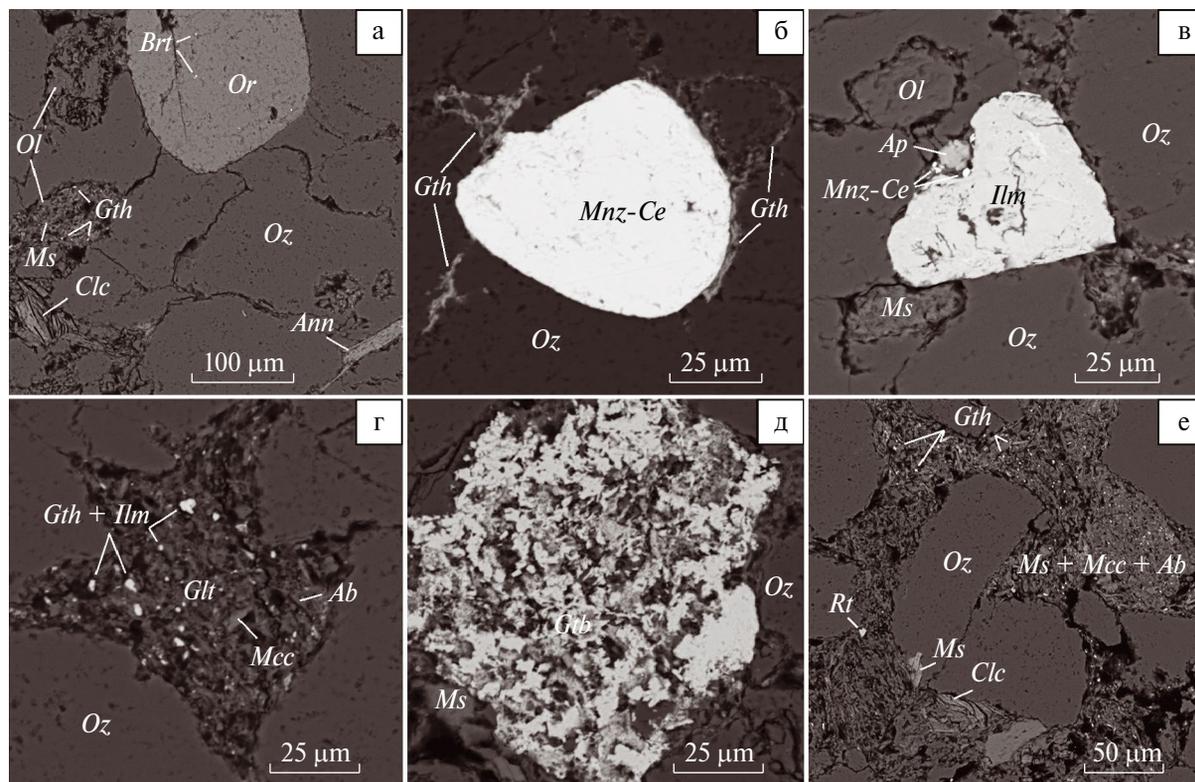


Рис. 6. Породообразующие и акцессорные минералы в песчаниках урюкской свиты на BSE-изображениях а – окатанные зерна ортоклаза и олигоклаза, обломочный аннит, в ортоклазе присутствуют включения барита; олигоклаз замещается мусковитом и клинохлором; б – полуокатанное зерно монацита (Ce), цемент выполнен гидроксидами железа (гетит); в – полуокатанные зерна ильменита, олигоклаза, фторапатита, монацита-(Ce), олигоклаз замещается мусковитом; г – глауконит в цементе песчаника, альбит и микроклин, образованные *in situ*, гетит развивается по ильмениту; д – гетит, заместивший ильменит(?); е – мусковит, клинохлор, микроклин, альбит, гетит, рутил в поровом пространстве.

Сокращения: Ab – альбит; Ann – аннит; Ap – апатит; Brt – барит; Clc – клинохлор; Glt – глауконит; Gth – гетит; Ilm – ильменит; Mcc – микроклин; Mnz-Ce – монацит (Ce); Ms – мусковит; Ol – олигоклаз; Or – ортоклаз; Rt – рутил; Qz – кварц.

в породах урюкской свиты тайдалитовая полочатость является характерной чертой для осадконакопления в условиях мелководного терригенного шельфа и аванделът [Smith, 1988; Clark et al., 1998; Dalrymple, Choi, 2003; Chakrabarti, 2005; Donselaar, Geel, 2007; Desjardins, Mangano, 2012]. По этой причине сочетание признаков волновой деятельности с приливно-отливным характером осадконакопления, а также с большим количеством подводно-оползневых складок свидетельствует, по нашему мнению, об осадконакоплении в условиях нестабильной гидродинамики переходной зоны река–море, т.е. дельты.

Кроме того, в породах урюкской свиты нами наблюдались некоторые другие литологические признаки дискуссионного характера. По результатам литологических наблюдений в отложениях красной толщи на контротпечатках поверхностей

напластования установлены механоглифы – следы механического воздействия – размыва или оплывания вследствие нагрузки на полужидкий осадок, а на самих поверхностях – знаки мелкой волновой ряби (см. рис. 3и, 3к) – литологического признака, ранее не встреченного в отложениях урюкской свиты [Беккер, 1968]. Следует отметить, однако, что обнаруженные знаки ряби достаточно необычны, так как они, заполняя поверхность напластования (черная стрелка, см. рис. 3и), соседствуют с крупным валообразным перегибом этой поверхности (белая стрелка, см. рис. 3и), также имеющим седиментационный генезис. Вероятно, в данном случае на штормовую рябь накладывается рябь течения.

С трудом поддаются генетической расшифровке и необычные шнуровидные структуры тонких валиков круглого и овального сечения, располагающиеся как вдоль (первая морфологическая

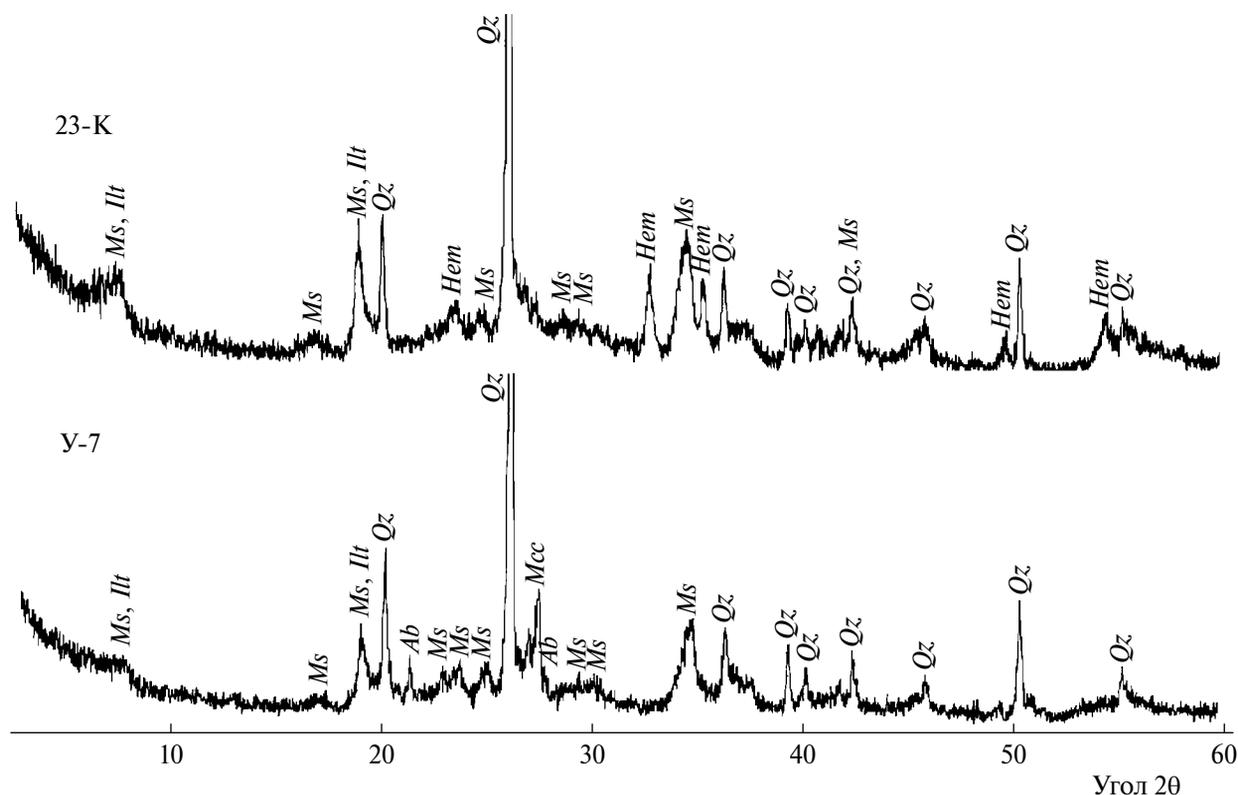


Рис. 7. Дифрактограммы аргиллитов из нижней (У-7) и верхней (23-К) толщ урюкской свиты
Сокращения: Ab – альбит; Hem – гематит; Ill – иллит; Mcc – микроклин; Ms – мусковит; Qz – кварц.

разновидность), так и поперек (вторая морфологическая разновидность) хребтиков ряби на поверхностях напластования (см. рис. 3л). Генетически, возможно, первая разновидность является струйкой стекания в подошве слоя, перекрывающего поверхность со знаками ряби, а вторая представляет собой продолжение поверхности напластования, скрученную в мини-рулет в результате ее разрыва поперек простирания ряби. Это отражает беспокойную гидродинамику среды осадконакопления, когда поверхность осадки со знаками ряби подвергалась разрывам, в результате чего часть хребтиков испытала вертикальное и горизонтальное смещение.

К другим не вполне ясным литологическим текстурам следует отнести отпечатки на поверхностях напластования песчаников (см. рис. 3м), которые в определенной степени сходны с арумбериеморфными текстурами, распространенными в отложениях эдиакария по всему миру [Liu et al., 2013; Brasier et al., 2017; Kenchington et al., 2018; Dunn et al., 2021]. На Южном Урале они имеют стратиграфическую приуроченность – большая часть находок обнаружена в зиганской свите [Беккер, 1992], завершающей ашинскую

серию. Д. В. Гражданкиным они определены как *Arumberia banksi*, которые широко представлены в котлинском горизонте Русской платформы и связаны с крупным биотическим событием надрегионального масштаба [Колесников и др., 2012].

Вместе с тем отметим, что описанные шнуровидные структуры тонких валиков сходны со следами фоссилий (“трубчатые норы”) *Lamonte trevallis* [Meyer et al., 2014, 2017; McIlroy, 2022] позднего эдиакария, а нами ранее обнаружены [Горожанин и др., 2015] близкие к *Arumberia banksi* текстуры вблизи контакта песчано-глинистых (с диамиктитами) отложений суировской свиты с доломитами миньярской свиты. Из перечисленного следует, что неясные текстуры на поверхностях напластования урюкских песчаников могут представлять собой арумбериеморфные текстуры. Однако этот вывод требует дополнительных аргументов. Нельзя исключать того, что они являются литифицированными структурами бактериальных матов, существовавших в мелководно-морских терригенных обстановках.

Условия формирования

В некоторых разрезах в западной части Башкирского мегантиклинория (р. Зилим в устье р. Сарышки; автодорога Стерлитамак–Белорецк в районе Липовых гор) наблюдается отчетливое деление урюкской свиты на две толщи – сероцветную нижнюю и красноцветную верхнюю. При этом предполагается первичная природа красноцветной окраски, которая используется для стратификации свиты [Козлов, 1982]. По наблюдениям Ю. Р. Беккера, красноцветность верхней части свиты имеет фациальную природу, которая, однако, распространена локально в бассейнах рек Зилим и Зигана, где граница между сероцветными и красноцветными породами “не является четкой, что затрудняет ее использование в стратиграфических целях” [Беккер, 1988, с. 57].

Смена окраски пород может означать изменение восстановительных условий осадконакопления в урюкское время на окислительные. По нашему мнению, этот литологический признак может быть обусловлен эпигенетическими процессами, и в таком случае его привлечение может привести к ложным выводам об аридности климата и высоком содержании кислорода в атмосфере в момент формирования осадков.

Для образования красноцветов, как известно [Гаррелс, Маккензи, 1974; Catling, Kasting, 2017; Сочава и др., 1992], необходима кислородная атмосфера и жаркий климат, каждая песчинка обломочных пород может покрываться рубашкой окисно-железистых минералов, а состав цемента изначально может содержать гематит – поэтому наличие красноцветных пород в разрезе является серьезным аргументом в пользу их континентального генезиса. К тому же ряд литологических признаков, а именно присутствие косой слоистости с прямолинейным параллельным расположением слоев в совокупности с линзовидным характером гравийных прослоев, по мнению Ю. Р. Беккера [1968], свидетельствует об аллювиальных (т.е. континентальных) условиях формирования урюкской свиты.

Наши данные, основанные на литологических и петрографических наблюдениях, не согласуются с этим выводом.

Во-первых, в отложениях, как серой, так и красноцветной толщ, обнаружены горизонтальная и волнистая слоистости, в том числе приливно-отливного характера, наблюдается массовое развитие подводно-оползневых деформаций, присутствуют штормовые(?) прослои.

Такие признаки, как знаки волновой ряби и флазерная слоистость, отмечаемые в отложениях красной толщи, свидетельствуют о мелководной обстановке осадконакопления.

Во-вторых, в красноцветных урюкских песчаниках обнаружен глауконит – типичный минерал морского генезиса. Несмотря на его некоторую измененность вторичными процессами перекристаллизации и гематитизации, почковидная форма и микрокристаллическая структура конкреций не позволяют спутать его с другими минералами. Следует отметить, что в алевропелитах бакеевского уровня, залегающих на размытой поверхности урюкских известняков в районе г. Усть-Катав, ранее фиксировалось присутствие глауконита, который считался перетолженным из подстилающих слоев верхнего рифея [Беккер, 1968]. Однако в составе обломочного материала урюкской свиты, как известно, преобладает материал разрушения гранитных и метаморфических комплексов с Русской платформы [Олли, 1948; Беккер, 1968; Козлов, 1982], в котором отсутствует глауконит. К тому же этот минерал слабо устойчив к переносу, концентрирование которого возможно только при механизме образования перлювия – перебива несцементированного осадка на месте его образования в раннем диагенезе [Фролов, 1984].

В-третьих, как показывают петрографические наблюдения соотношения минералов, слагающих цемент песчаников, реконструируется сложная история формирования полиминерального цемента, а присутствие железистых минералов в его составе носит вторичный характер и связано с эпигенетическими преобразованиями песчаников. Реконструкция последовательности этих преобразований позволяет более детально прояснить геологическую историю. Первичный цемент в песчаниках, как в сероцветной толще, так и в красноцветной, имел хлоритиллитовый состав; к настоящему времени он сохранился, благодаря позднему окварцеванию только в виде пленок в оторочках обломочных зерен и тех частях межзерновых пор, куда не проникли Fe-содержащие растворы. В порах песчаников произошло частичное, а иногда полное замещение его гидроокислами железа. Наиболее поздним цементом в песчаниках, является регенерационно-кварцевый, который сформировался из первично-кремнистого халцедонового цемента, затем произошла его кристаллическая регенерация в соответствии с ориентацией кристаллических структур в расположенных рядом обломочных зернах кварца.

Этот процесс, типичный для постдиагенетических преобразований, вероятнее всего, имел место во время погружения толщи на глубину с последующим перекрытием ее палеозойскими шельфовыми отложениями в течение среднего-позднего палеозоя.

Таким образом, на основе петрографических наблюдений и минералогических исследований нами сделан вывод, что первичная окраска пород красноцветной толщи была серой. Красноцветность — явление, обусловленное вторичными изменениями, которые связаны с выведением толщи в зону аэрации. Из-за этого мелкозернистые слоистые силикаты цемента (иллит, хлорит, глауконит) подверглись частичному разрушению с образованием соединений окисного железа. Породы приобрели вишнево-красную окраску, которая впоследствии, при погружении под шельфовыми палеозойскими осадками, “запечаталась” кварцевым цементом.

Для реконструкции геологической истории важно выяснить момент, когда могло произойти окисление, обусловленное выведением урюкских отложений в зону аэрации и их “промывкой” окисленными водами. Представляется маловероятным, что этот процесс происходил непосредственно в урюкское время перед накоплением басинских осадков, перекрывающих урюкские. Более вероятно, что он произошел или при формировании куккараукских красноцветных конгломератов или во время крупного стратиграфического перерыва между вендом и девонем с образованием коры выветривания. Отложения урюкской свиты не выходили на дневную поверхность, иначе бы мы наблюдали налегание такатинских песчаников нижнего девона на разных уровнях урюкской свиты. В действительности, девонские песчаники повсеместно на территории Башкирского мегантиклинория залегают только на зиганской свите — самой верхней части ашинской серии. Это позволяет предполагать, что окислительный режим промывки урюкских песчаников осуществлялся по типу водоносных песчаных горизонтов артезианского типа в межгорных впадинах подобно тому, как это происходит в осадочном чехле молодых платформ, например на Туранской плите [Печенкин, 2012].

В разрезе рифейских и вендских отложений присутствуют несколько горизонтов красноцветных образований, и нет сомнений в том, что многие из них формировались именно в континентальных аридных условиях. В песчаниках таких отложений (например, бедерышинская

толща зильмердакской свиты) обычно наблюдается рубашка оксидов железа, часто также залеченная вторичным кварцем. Такую оторочку, вероятно, следует считать первичной, тогда как в урюкских красноцветах, как нами установлено, первичным цементом был зеленовато-серый иллит-хлоритовый агрегат, а вторичная красноцветность возникла значительно позже.

Вместе с тем отметим, что лежащие выше вендские (надурюкские) отложения также затронуты процессом вторичной гематитизации. Такие красноцветные прослои присутствуют в басинской, зиганской и, особенно, куккараукской свитах. Это именно прослои, что указывает на внутрисластовый характер миграции окисленных подземных вод в постседиментационное время. При этом в массивных сероцветных разностях песчаников басинской свиты часто наблюдается карбонатный цемент, который, вероятно, ограничивал проницаемость песчаников и развитие в них вторичной гематитизации.

Необходимо отметить также, что возможна и обратная ситуация — когда по красноцветным отложениям формируются вторичные сероцветные зоны, но обычно такие участки развиты локально и связаны с зоной миграции восстановительных флюидов — сероводорода или нефтяных вод. Примером может служить Садкинская жила асфальтитов в красноцветных отложениях верхней перми, где в уфимских песчаниках вокруг жилы асфальтита в результате миграции нефти по зоне Кинельского разлома образовалась мощная сероцветная зона с сульфидами [Овчинников, Пономарева, 2015].

Значение приведенных наблюдений состоит в том, что красноцветность пород вряд ли следует принимать априори как свидетельство осадконакопления в окислительных (континентальных) условиях. Поэтому нет оснований использовать этот признак для стратификации свиты и реконструкции условий осадконакопления в урюкское время. Более обоснованным, по нашему мнению, является деление урюкской свиты на нижнюю и верхнюю толщи по изменению литологического состава пород [Беккер, 1968]. Подтверждением этого являются данные (см. рис. 5), по которым в песчаниках верхней толщи по сравнению с нижней уменьшается доля полевых шпатов и увеличивается количество кварца, что отражается и в петрохимическом составе песчаников.

Ранее на основании литологических наблюдений мы пришли к выводу о том, что отложения урюкской свиты формировались в переходной зоне река—море. Обращает на себя внимание

линзовидные скопления в песчаниках крупных галек и угловатых фрагментов обломочного материала — жильного кварца, крупных кристаллокластов полевого шпата, гранитов и гранито-гнейсов. Это указывает на обильный привнос кластики, недлительный ее перенос и достаточно холодный климат, при котором полевые шпаты не подвергались химическому выветриванию.

Сравнительный анализ условий образования урюкских отложений с подстилающими отложениями в этом же разрезе показывает, что характер осадконакопления принципиально не меняется. Для лежащих ниже толпаровской и суировской свит ранее установлено наличие диамиктитовых прослоев [Келлер и др., 1984], а также чрезвычайно широкое развитие подводно-оползневых образований [Горожанин и др., 2015, 2019], что определяет эту осадочную последовательность как марино-гляциальную. Фациальный профиль осадконакопления от низов толпаровской свиты до верхов суировской показывает углубление бассейна, наступившее в условиях трансгрессии, возможно, связанной с таянием ледника. Формирование большого количества подводно-оползневых структур в суировской свите указывает на крутизну склонов бассейна и смену от глубоководных условий авандельты более мелководными, прибрежно-морскими. После суировского времени глубина бассейна начала уменьшаться, и он стал заполняться грубозернистыми осадками урюкской свиты. Изменяется лишь состав и размерность обломков терригенного материала. Таким образом, отложения суировской и урюкской свит, вероятно всего, образуют единую осадочную последовательность, имеют марино-гляциальный генезис. Современным аналогом такой последовательности, вероятно, могут быть осадки, накапливающиеся на баренцевоморском шельфе в районе архипелага Шпицберген в подводных эрозионных каналах и впадинах, протяженность которых достигает десятков и даже сотен километров [Andreassen et al., 2017].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В толпаровском разрезе урюкской свиты выделяются нижняя сероцветная и верхняя красноцветная толщи. В песчаниках нижней толщи наблюдаются линзовидные скопления крупных галек обломочного материала — жильного кварца, полевых шпатов, гранитов и гранито-гнейсов. В составе песчаников верхней толщи практически отсутствует грубый гравийный материал.

В песчаниках обнаружен глауконит микроглобулярного строения.

Породы урюкской свиты часто смяты в конседиментационные подводно-оползневые складки, размеры которых варьируют от первых десятков сантиметров до первых метров. Отмечается косая, косоволнистая, флазерная и горизонтальная, со двоянным характером тонких глинистых слоев, слоистости. Встречаются знаки мелкой волновой ряби, а на контротпечатках поверхностей напластования наблюдаются механоглифы. Наряду со слоистыми отложениями присутствуют слои с массивной беспорядочной текстурой. Иногда на поверхностях напластования фиксируются необычные текстурные формы в виде шнураобразных тонких валиков двух морфологических разновидностей. Генетически первая из них, возможно, является струйкой стекания в подошве слоя, перекрывающего поверхность со знаками ряби, а вторая представляет собой продолжение поверхности напластования, скрученную в мини-рулет в результате ее разрыва поперек простирания ряби, что отражает беспокойную гидродинамику среды осадконакопления. Кроме того, на поверхностях напластования в песчаниках урюкской свиты обнаружены неясные текстуры, сходные с *Agumbergia banksi*, которые могут представлять собой литифицированные структуры бактериальных матов, существовавших в определенных условиях — мелководно-морских обстановках и условиях песчано-глинистой седиментации.

Реконструирована сложная история формирования полиминерального цемента песчаников. Установлено, что формирование железистых минералов в цементе связано с эпигенетическими преобразованиями песчаников, которые были обусловлены выведением верхней толщи урюкской свиты в зону аэрации или в куккараукское время, или во время стратиграфического перерыва между вендом и девоном. Окислительный режим промывки урюкских песчаников осуществлялся по типу водоносных песчаных горизонтов артезианского типа в межгорных впадинах. Красноцветную окраску пород свиты не следует использовать для стратификации ее разрезов и реконструкции условий осадконакопления в урюкское время.

Проведенные исследования позволяют сделать вывод о том, что осадконакопление в урюкское время происходило в условиях нестабильной гидродинамики переходной зоны река— море, т.е. дельты. По сравнению с предыдущим толпаровско-суировским временем характер

осадконакопления принципиально не меняется. Изменяется лишь состав и размерность обломков терригенного материала. Происходит обильный привнос кластики и ее незначительный перенос в холодном климате. В целом можно заключить, что урюкские отложения, несмотря на отсутствие в них прямых литологических признаков диамиктитов, образуют с подстилающими толпаровско-суировскими марино-гляциальными отложениями единую осадочную последовательность, в которой к концу урюкского времени устанавливается мелководно-морской режим осадконакопления.

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследование выполнено в рамках государственного задания ИГ УФИЦ РАН № FMRS-2022-0015.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Беккер Ю. Р.* Древнейшая эдиакарская биота Урала // Изв. РАН. Сер. геол. 1992. № 6. С. 16–24.
- Беккер Ю. Р.* Молассы докембрия. Л.: Недра, 1988. 288 с.
- Беккер Ю. Р.* О выделении бакеевских отложений в стратотипическом разрезе рифея // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1975. № 6. С. 125–129.
- Беккер Ю. Р.* Позднедокембрийская моласса Южного Урала. Л.: Недра, 1968. 160 с.
- Дуб С. А.* Верхнерифейско-вендские отложения Башкирского мегантиклинория Южного Урала: состояние изученности и стратиграфическое расчленение // Геология и геофизика. 2021. Т. 62. № 11. С. 1511–1530.
- Гаррелс Р., Маккензи Ф.* Эволюция осадочных пород. М.: Мир, 1974. 272 с.
- Горожанин В. М.* Генетическая типизация отложений байназаровской свиты венда, Южный Урал: стратиграфические следствия // Стратиграфия верхнего докембрия: проблемы и пути решения // Материалы VII Российской конференции по проблемам геологии докембрия (Санкт-Петербург, 21–24 сентября 2021 г). СПб.: Свое издательство, 2021. С. 39–41.
- Горожанин В. М.* К вопросу о нижней границе венда на Южном Урале // Верхний докембрий Южного Урала и востока Русской плиты. Уфа, 1988. С. 41–45.
- Горожанин В. М., Мичурин С. В., Войкина З. А. и др.* Марино-гляциальные отложения в Толпаровском разрезе верхнего докембрия (реки Зилим и Малый Толпар) // Геологический вестник. 2019. № 3. С. 69–92.
- Горожанин В. М., Мичурин С. В., Канипова З. А., Биктимерова З. Р.* Литологические особенности диамиктитов на границе рифея и венда в разрезе Толпарово (Южный Урал) // Геологический сборник. 2015. № 12. С. 69–78.
- Горожанин В. М., Мичурин С. В., Канипова З. А., Биктимерова З. Р.* Палеокарст в Толпаровском разрезе верхнего докембрия, Южный Урал // Геологический сборник. 2017. № 13. С. 176–185.
- Зайцева Т. С., Кузнецов А. Б., Горожанин В. М. и др.* Основание венда на Южном Урале: Rb-Sr возраст глауконитов бакеевской свиты // Стратиграфия. Геол. корреляция, 2019. Т. 27. № 5. С. 82–96.
- Келлер Б. М., Вейс А. Ф., Горожанин В. М.* Толпаровский разрез верхнего докембрия (Южный Урал) // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1984. № 9. С. 119–124.
- Козлов В. И.* Верхний рифей и венд Южного Урала. М.: Наука, 1982. 128 с.
- Козлов В. И., Горожанин В. М.* К вопросу о выделении бакеевской свиты и о возрасте базальных слоев ашинской серии Южного Урала // Верхний докембрий Южного Урала и востока Русской плиты. Уфа: УНЦ РАН, 1993. С. 14–23.
- Козлов В. И., Пучков В. Н., Нехорошева А. Г. и др.* Аршинский – новый стратон рифея в стратотипических разрезах Южного Урала // Геологический сборник. 2011. № 9. С. 52–56.
- Колесников А. В., Гражданкин Д. В., Маслов А. В.* Арумбериоморфные текстуры в верхнем венде Урала // Докл. РАН. 2012. Т. 447. № 1. С. 66–72.
- Краснобаев А. А., Козлов В. И., Пучков В. Н. и др.* Новые данные по цирконовой геохронологии аршинских вулканитов (Южный Урал) // Литосфера. 2012. № 4. С. 127–140.
- Маслов А. В.* Литогеохимический облик отложений ашинской серии венда западного склона Южного Урала // Литосфера. 2014. № 1. С. 13–32.
- Овчинников В. В., Пономарева Г. А.* К вопросу о генезисе Садкинского месторождения асфальтита // Вестник Оренбургского государственного университета. 2015. № 3. С. 171–176.
- Олли А. И.* Древние отложения западного склона Урала. Саратов: СГУ, 1948. 413 с.
- Печенкин И. Г.* Литолого-геохимические индикаторы древних очагов разгрузки пластовых вод. Ленинградская школа литологии // Материалы Всероссийского литологического совещания, посвященного 100-летию со дня рождения Л. Б. Рухина (Санкт-Петербург, 25–29 сентября 2012 г.). Т. II. СПб.: СПбГУ, 2012. С. 259–261.
- Полевая геология / Справочное руководство. В 2 кн. Кн. 1 / Под ред. В. В. Лаврова, А. С. Кумпана. Л.: Недра, 1989. 400 с.
- Пучков В. Н.* Геология Урала и Приуралья (актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении). Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2010. 280 с.

- Пучков В. Н., Сергеева Н. Д.* Изотопный возраст вулканогенных образований рифея на Южном Урале и значение событийной стратиграфии в уточнении стратиграфической шкалы // Стратиграфия верхнего докембрия: проблемы и пути решения // Материалы VII Российской конференции по проблемам геологии докембрия (Санкт-Петербург, 21–24 сентября 2021 г). СПб.: Свое издательство, 2021. С. 155–158.
- Пучков В. Н., Сергеева Н. Д., Краснобаев А. А.* Пограничные стратоны рифея и венда на Южном Урале. Дополнения и изменения в региональную стратиграфическую схему // Геология, полезные ископаемые и проблемы геологии Башкортостана, Урала и сопредельных территорий // Материалы 10-й Межрегиональной научно-практической конференции. Уфа: ДизайнПресс, 2014. С. 77–87.
- Сергеева Н. Д., Пучков В. Н.* Региональная стратиграфическая схема отложений верхнего и завершающего Рифея и Венда Южного Урала (ПРОЕКТ 2022) // Геологический вестник. 2022. № 2. С. 3–14.
- Сергеева Н. Д., Пучков В. Н.* Стратиграфическая схема рифея и венда Волго-Уральской области (изменения и дополнения) // Геологический сборник. Информационные материалы. 2015. № 12. С. 3–22.
- Сергеева Н. Д., Пучков В. Н., Краснобаев А. А. и др.* Ашинская серия венда: орогенный комплекс тиманид на Южном Урале // Геологический вестник. 2019. № 1. С. 3–34.
- Сочава А. В., Коренчук Л. В., Пиррус Э. А., Фелицын С. Б.* Геохимия верхневендских отложений Русской платформы // Литология и полез. ископаемые. 1992. № 2. С. 71–89.
- Стратотип рифея. Стратиграфия. Геохронология / Отв. ред. Б. М. Келлер, Н. М. Чумаков. М.: Наука, 1983. 184 с.
- Фролов В. Т.* Генетическая типизация морских отложений. М.: Недра, 1984. 222 с.
- Шутов В. Д.* Классификация песчаников // Литология и полез. ископаемые. 1967. № 5. С. 86–103.
- Andreassen K., Hubbard A., Winsborrow M. et al.* Massive blow-out craters formed by hydrate-controlled methane expulsion from the Arctic seafloor // Science. 2017. V. 356. Iss. 6341. P. 948–953.
- Brasier A. T., McIlroy D., McLoughlin, N.* Earth System Evolution and Early Life: A Celebration of the Work of Martin Brasier // Geological Society. London. Special Publications. 2017. V. 448. P. 211–219.
- Catling D. C., Kasting J. F.* Atmospheric Evolution on Inhabited and Lifeless Worlds. Cambridge, 2017. 579 p.
- Chakrabarti A.* Sedimentary structures of tidal flats: A journey from coast to inner estuarine region of eastern India // J. Earth Syst. Sci. 2005. V. 114. № 3. P. 353–368.
- Clark R. A., Richard A. D., Vernon J. H.* Tidalites: Processes & Products // Society for Sedimentary Geology. Special Publications. 1998. № 61. 175 p.
- Dalrymple R. W., Choi K. S.* Sediment transport by tidal currents // Encyclopedia of Sediments and Sedimentary Rocks / Ed. G. V. Middleton. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2003. P. 606–609.
- Desjardins P. R., Mangano M. G.* Tidal Flats and Subtidal Sand Bodies. Chapter in Developments in Sedimentology. PART III. Shallow-Marine Siliciclastic Systems. December 2012. DOI: 10.1016/B978-0-444-53813-0.00018-6
- Donselaar M. E., Geel C. R.* Facies architecture of heterolithic tidal deposits: the Holocene Holland Tidal Basin // Netherlands Journal of Geosciences – Geologie en Mijnbouw. 2007. V. 86. № 4. P. 389–402.
- Dunn F. S., Liu A. G., Grazhdankin D. V. et al.* The developmental biology of Charnia and the eumetazoan affinity of the Ediacaran rangeomorphs // Sci. Adv. 2021. V. 7.
- Friedman G. M., Chakraborty Ch.* Interpretation of tidal bundles: Two reasons for a paradigm shift // Carbonates and Evaporites. 2006. V. 21. № 2. P. 170–175.
- Kenchington C. G., Dunn F. S., Wilby P. R.* Modularity and Overcompensatory Growth in Ediacaran Rangeomorphs Demonstrate Early Adaptations for Coping with Environmental Pressures // Current Biology. 2018. V. 28. P. 3330–3336.
- Liu A. G., McIlroy D., Matthews J. J., Brasier M. D.* Exploring an Ediacaran ‘nursery’: growth, ecology and evolution in a rangeomorph palaeocommunity // Geology Today. 2013. V. 29. P. 23–26.
- Meyer M., Polys N., Yaqoob H. et al.* Beyond the stony veil: Reconstructing the Earth’s earliest large animal traces via computed tomography X-ray imaging // Precambrian Res. 2017. V. 298. P. 341–350.
- Meyer M., Xiao S., Gill B. C. et al.* Interactions between Ediacaran animals and microbial mats: Insights from Lamonte trevallia, a new trace fossil from the Dengjing Formation of South China // Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol. 2014. V. 396. P. 62–74.
- McIlroy D.* Were the First Trace Fossils Really Burrows or Could They Have Been Made by Sediment-Displacive Chemosymbiotic Organisms? // Life. 2022. V. 136. № 12.
- Pettijohn F. J., Potter P. E., Siever R.* Sand and Sandstone. N. Y.: Springer, 1987. 553 p.
- Smith D. G.* Tidal Bundles and Mud Couplets in the McMurray Formation, Northeastern Alberta, Canada: Geological Notes // Bull. of Canadian Petroleum Geology. 1988. V. 36. № 2. P. 216–219.

LITHOLOGICAL FEATURES OF THE URYUK FORMATION IN THE TOLPAROVO SECTION OF THE VENDIAN (SOUTHERN URALS)

V. M. Gorozhanin*, S. V. Michurin, V. F. Yuldashbaeva

*Institute of Geology of the Ufa Federal Research Centre of the RAS,
Karl Marx str., 16/2, Ufa, 450077, Russia*

** e-mail: Gorozhanin@ufaras.ru*

New results of lithological structural and textural observations and petrographic study of rocks of the Uryuk formation exposed in the basin of the Maly Tolpar River in the Bashkir meganticlinorium are presented. For the first time, a wide development of consedimentary underwater landslide folds in the Uryuk deposits has been established, the sizes of which vary from the first tens of centimeters to the first meters. In sandstones, the presence of oblique, wavy, flaser and horizontal, with a dual character of thin clay layers, layering, as well as structureless layers with a massive texture, is recorded. Signs of shallow wave ripples have been established. Mechanoglyphs and textures similar to *Arumberia banksi* have been found, which presumably represent the lithified structures of bacterial mats that existed under certain conditions – shallow-sea environments and conditions of sandy-clay sedimentation. It is concluded that the Uryuk deposits, despite the absence of direct lithological signs of diamictites in them, form a single sedimentary sequence with the underlying Tolparov-Suirovsky marine glacial deposits, in which a shallow-sea sedimentation regime is established by the end of the Uryuk time. It is shown that the presence of ferruginous minerals in sandstone cement is secondary in nature and is associated with their epigenetic transformations. It is concluded that the red-colored color of the rocks of the Uryuk formation cannot be used for stratification of its sections and reconstruction of sedimentation conditions in the Uryuk time.

Keywords: sandstones, gravellite sandstones, Uryuk formation, Vend, Bashkir meganticlinorium, Southern Urals