УДК 551.3.051:551.72 DOI: http://doi.org/10.31084/2619-0087/2019-3-6

МАРИНО-ГЛЯЦИАЛЬНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ В ТОЛПАРОВСКОМ РАЗРЕЗЕ ВЕРХНЕГО ДОКЕМБРИЯ (РЕКИ ЗИЛИМ И МАЛЫЙ ТОЛПАР)

© 2019г. В. М. Горожанин, С. В. Мичурин, З. А. Войкина, А. А. Шарипова, З. Р. Биктимерова, А. Г. Султанова

Реферат. Приведены результаты литологического изучения верхнедокембрийских (неопротерозойских) терригенных отложений в основании ашинской серии венда, залегающих со стратиграфическим несогласием на породах верхнего рифея в районе д. Толпарово на р. Зилим (западная часть Башкирского мегантиклинория, Южный Урал), дана генетическая интерпретация этих отложений. В подстилающих верхнерифейских карбонатах найдены признаки древнего предвендского палеокарста — свидетельство эрозионного контакта.

Наличие горизонтов диамиктитов и песчаников с характерными подводно-оползневыми деформациями, которые заполняли каналы, врезанные в толщи горизонтальнослоистых песчаников, позволяет отнести базальные отложения толпаровской свиты к осадкам марино-гляциального происхождения, накопление которых происходило ниже базиса волновой активности. Вытаивающий грубый диамиктитовый материал, выпадавший в тонкозернистый глинистый осадок, вызывал интенсивные подводно-оползневые явления. Образование терригенных отложений толпаровской свиты происходило под действием двух процессов: приноса большого объема обломочного песчано-диамиктитового материала на терригенный шельф и его размыва приливно-отливной и штормовой деятельностью. В вышележащих отложениях суировской и урюкской свит выделены признаки, указывающие на осадконакопление в условиях относительно глубокой впадины (трога) на ледниковом шельфе. В урюкских гравелитах и песчаниках найдены литологические признаки холодного климата. Нижняя часть урюкской свиты генетически близка толпаровской-суировской серии и может рассматриваться в единой с ними осадочной последовательности.

Марино-гляциальные отложения Толпаровского района коррелируются с аналогичными отложениями Криволукского грабена в восточной части Башкирского мегантиклинория. Возрастной интервал формирования этих отложений сопоставим со временем формирования неопротерозойских глобальных гляциогризонтов — стертского или мариноанского.

Ключевые слова: неопротерозой, рифей, венд, диамиктиты, толпаровская и суировская свиты, подводно-оползневые деформации, марино-гляциальная седиментация, Южный Урал, Башкирский мегантиклинорий

MARINO-GLACIAL DEPOSITS IN THE TOLPAROVO SECTION OF THE UPPER PRECAMBRIAN (ZILIM AND MALYI TOLPAR RIVERS)

© 2019 V. M. Gorozhanin, S. V. Michurin, Z. A. Voikina, A. A. Sharipova, Z. R. Biktimerova, A. G. Sultanova

Abstract. The results of lithological study of upper Precambrian (Neoproterozoic) terrigenous deposits of the base of the Vendian Asha series, lying with stratigraphic unconformity on the Upper Riphean rocks in the area of Tolparovo village on the Zilim river (the western part of the Bashkirian meganticlinorium,

Для цитирования: Горожанин В. М., Мичурин С. В., Войкина З. А., Шарипова А. А., Биктимерова З. Р., Султанова А. Г. Марино-гляциальные отложения в Толпаровском разрезе верхнего докембрия (реки Зилим и Малый Толпар) // Геологический вестник. 2019. № 3. С. 69–92. DOI: http://doi.org/10.31084/2619-0087/2019-3-6.

For citation: Gorozhanin V. M., Michurin S. V., Voikina Z. A., Sharipova A. A., Biktimerova Z. R., Sultanova A. G. Marino-glacial deposits in the Tolparovo section of the upper precambrian (Zilim and Malyi Tolpar rivers) // Geologicheskii vestnik. 2019. No. 3. P. 69–92. DOI: http://doi.org/10.31084/2619-0087/2019-3-6.

Southern Urals) are presented, genetic interpretation of these deposits is given. In the underlying Upper Riphean carbonates the signs of an ancient pre-Vendian paleokarst — additional proof of erosional contact — are found.

The presence of diamictite and sandstone horizons with characteristic underwater landslide deformations, which filled the channels embedded in the strata of horizontally layered sandstones, allows us to attribute the basal deposits of the Tolparovo Formation to the sediments of marino-glacial origin, the accumulation of which occurred below the basis of wave activity. The mixing coarse diamictite material, falling into a fine-grained clay sediment, caused intense underwater landslides. The formation of terrigenous deposits of the Tolparovo Formation occurred under the action of two processes: the introduction of a large volume of clastic sand-diamictite material on the terrigenous shelf and its erosion by tidal and storm activity. In the overlying sediments of the Suirovo and Uryuk Formations, signs indicating sedimentation in a relatively deep depression (trough) on the glacial shelf are identified. Lithological signs of cold climate are found in Uryuk gravelstones and sandstones. The lower part of the Uryuk Formation is genetically close to the Tolparovo-Suirovo series and can be considered in a single sedimentary sequence with them.

The marino-glacial deposits of the Tolparovo area are correlated with similar deposits of the Krivoluksky Graben in the eastern part of the Bashkirian meganticlinorium. The age interval of formation of these deposits is comparable with the time of formation of Neoproterozoic global glacial horizons — Sturtian or Marinoan.

Key words: The Neoproterozoic, Riphean, Vendian, diamictite, Tolparovo and Suirovo suites, underwater landslide deformation, marino-glacial sedimentation, Southern Urals, Bashkirian meganticlinorium

Введение

На территории Башкирского мегантиклинория (БМА) — крупной тектонической структуры, располагающейся в западной части складчатой зоны Южного Урала, под палеонтологически охарактеризованными осадочными отложениями палеозоя залегают протерозойские отложения. Этот мощный (до 10–12 км) комплекс осадочных пород, названный рифеем, изучался многими исследователями в течение нескольких десятилетий, начиная с 30-х годов прошлого столетия. В результате он был разделен на нижний, средний и верхний рифей и венд [Стратотип рифея…, 1983]. В каждом из них были выделены свиты — более дробные совокупности литологически сходных отложений. В альтернативной схеме расчленения уральского протерозоя между верхним рифеем и вендом выделяется завершающий, или терминальный, рифей [Пучков, 2010].

В самой верхней части протерозойского комплекса была выделена ашинская серия. Осадки верхней части этой серии рассматриваются как докембрийская моласса — продукт разрушения древнего горно-складчатого сооружения — Палеоурала [Олли, 1948] или Тимано-Кадомского орогена [Пучков, 2010]. Ашинская серия стратиграфически сопоставляется с вендским комплексом отложений, широко распространенным в основании осадочного чехла Восточно-Европейской платформы. Венд, как подразделение Российской стратиграфической шкалы в ранге системы, сопоставляется с эдиакарием Международной стратиграфической шкалы — самым верхним подразделением докембрийской (протерозойской) ее части [Стратиграфический…, 2006].

Как показало многолетнее геологическое картирование, литологический состав рифейских и вендских (ашинских) отложений в целом выдержан на территории БМА, за исключением самой нижней части ашинской серии, которая испытывает довольно резкие фациальные изменения. В 1975 г. из ашинской серии была выделена нижняя часть — бакеевская свита [Беккер, 1975], в которой описаны морские отложения — глауконитсодержащие песчаники и Fe-окисные руды [Беккер, 1975]. Позднее на р. Зилим в районе д. Толпарово были описаны тиллитовидные конгломераты или диамиктиты — отложения предполагаемого ледникового генезиса [Келлер и др., 1984; Горожанин, 1988; Горожанин и др., 2015; Горожанин, Канипова, 2017], сопоставляемые с тиллит-содержащими отложениями кургашлинской свиты восточной части БМА и с одним из гляциогоризонтов, широко распространенных во всем мире на завершающей стадии позднего протерозоя.

Общие сведения о строении вендских диамиктитов в районе д. Толпарово

Положение изученных разрезов отложений, залегающих между породами верхнего рифея и типичной ашинской серии, представлено на рис. 1. Выделенные здесь толпаровская и суировская свиты имеют существенно иной литологический состав

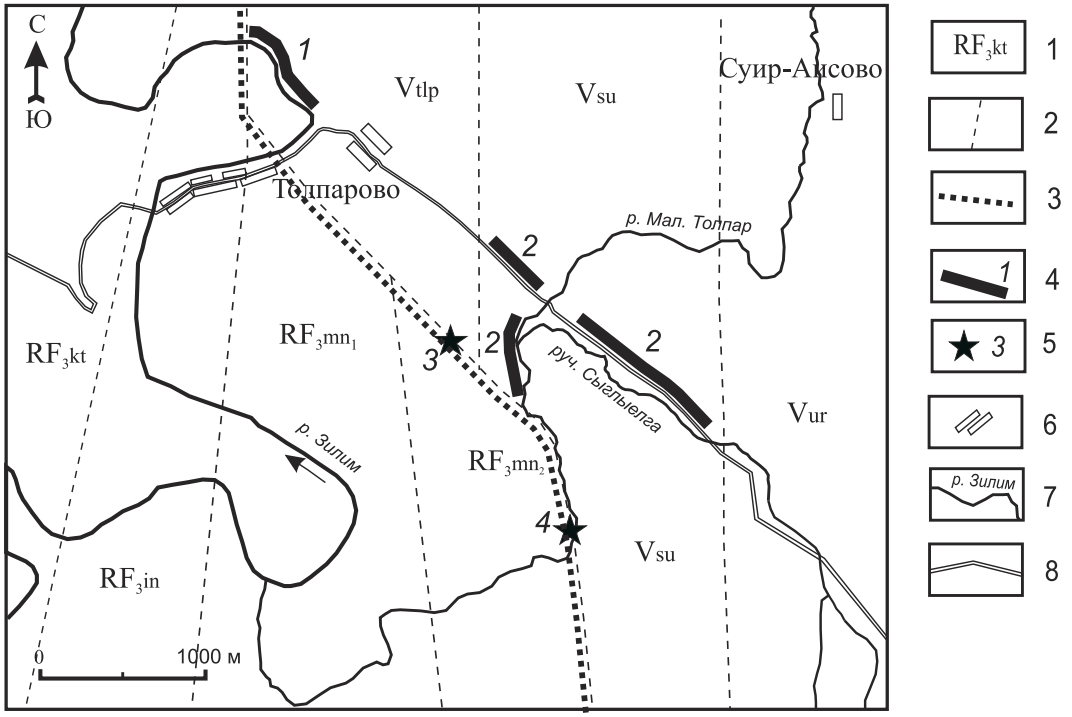

Рис. 1. Геологическая схема района д. Толпарово и положение изученных разрезов вендских отложений

Условные обозначения: 1 — выходы верхнедокембрийских отложений и индексы стратиграфических подразделений: RF_3 — верхний рифей: свиты kt — катавская, in — инзерская, mn — миньярская; V — венд, свиты: tlp — толпаровская, su — суировская, ur — урюкская; 2 — геологические границы; 3 — граница стратиграфического несогласия; 4 — положение изученных разрезов (цифры на схеме): *1* — толпаровской свиты, *2* — суировской свиты, *3* — элювиальный развал закарстованных доломитов на водоразделе, *4* — коренной выход карстовой брекчии в русле р. Мал. Толпар; 5 — точки палеокарста:; 6 — населенные пункты; 7 — реки; 8 — строящаяся автодорога.

Fig. 1. Geological scheme of the area near Tolparovo village and the position of the studied sections of Vendian deposits

Legend: 1 — outcrops of the Upper Precambrian deposits and indexes of stratigraphic units: RF_3 — Upper Riphean, Formation: kt — Katav, in — Inzer, mn — Minyar; V — Vendian, Formation: tlp — Tolparovo, su — Suirovo, ur — Uryuk; 2 — geological boundary; 3 — stratigraphic unconformity boundary; 4 — position of the studied sections (numbers on the scheme): *1* — Tolparovo Formation, *2* — Suirovo Formation, *3* — eluvial collapse karst dolomites in the watershed, *4* —outcrop of karst breccias in the Malyi Tolpar river bed; 5 — paleokarst points; 6 — settlements; 7 — rivers; 8 — road under construction.

и бóльшую мощность, чем одновозрастная им бакеевская свита, типовой разрез которой находится относительно недалеко, в 20 км к юго-востоку, на р. Зилим в районе д. Бакеево.

Детальное изучение разрезов в междуречье рр. Мал. Толпар, Зилим, Мал. и Бол. Реват показало, что вендские отложения заполняют эрозионную впадину — долину, «врезанную» в подстилающие отложения верхнего рифея [Горожанин, 1988; Пучков, 2010] в субширотном направлении, с глубиной эрозионного вреза около 1 км. С помощью прослеживания характерных толщ и их мощностей в отдельных пересечениях можно оценить ее ширину (около 18 км) (рис. 2).

В нижней части впадины прослеживаются преимущественно песчанистые отложения. Они выделены под названием толпаровская свита, в ее составе был описан один пласт тиллитовидных конгломератов (диамиктитов). В верхней части впадины резко преобладают «мягкие» породы, представленные аргиллитами и алевролитами; они получили название суировской свиты. В ее составе также был описан слой диамиктитов [Келлер и др., 1984].

Нижний контакт толпаровско-суировской последовательности осадков с отложениями верхнего рифея практически повсеместно скрыт задернованными участками. Несмотря на это, можно видеть, что на разных участках впадины терригенная толща залегает на разных стратиграфических уровнях: в устье р. Реват — на известняках катавской свиты, в разрезе по р. Зилим ниже д. Толпарово — на

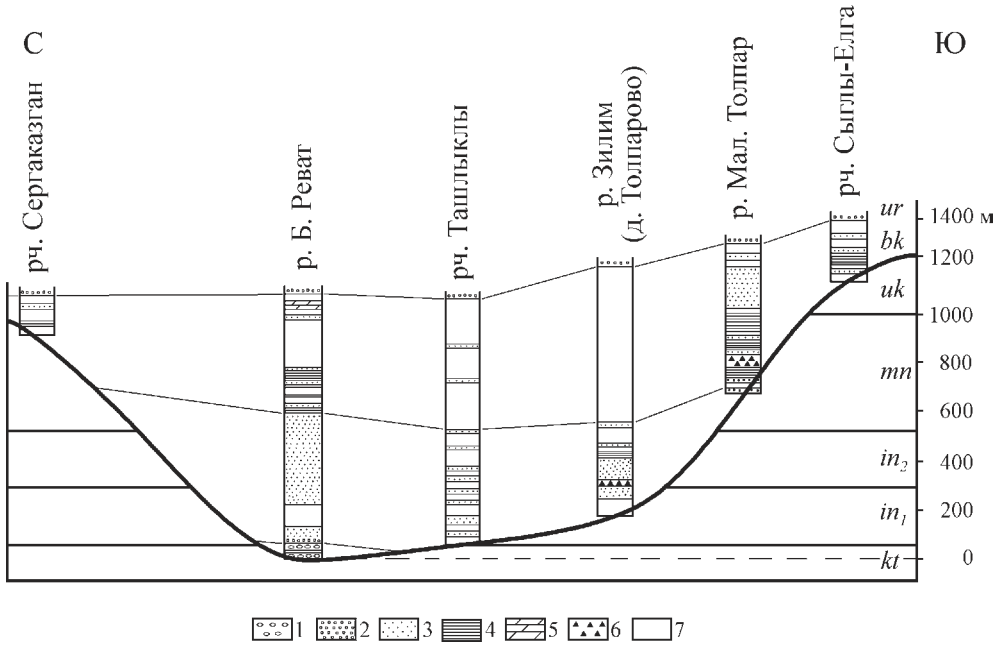

Рис. 2. Схема сопоставления разрезов доурюкских отложений (толпаровская и суировская свиты), выполняющих эрозионную палеовпадину в отложениях верхнего рифея в районе д. Толпарово [Горожанин, 1988]

Условные обозначения: 1 — конгломераты, 2 — гравелиты, 3 — песчаники, 4 — алевролиты и аргиллиты, 5 — доломиты, 6 — диамиктиты, 7 — задернованные участки.

Fig. 2. The correlation scheme of the sections of the pre-Uryukian deposits (Tolparovo and Suirovo Formations), infilling the erosion paleovalley in the Upper Riphean rocks near Tolparovo village [Gorozhanin, 1988]

Legend: 1 — conglomerates, 2 — gravelites, 3 — sandstones, 4 — siltstones and mudstones, 5 — dolomites, 6 — diamictites, 7 — unexposed areas.

известняках подинзерской свиты, на р. Мал. Толпар и водоразделе рр. Мал. Толпар и Зилим — на доломитах миньярской свиты [Горожанин, 1988]. Следовательно, характер контакта можно определить как эрозионный, типа стратиграфического прилегания.

Верхний контакт также повсеместно скрыт от наблюдения, наблюдаются только сближенные выходы отложений верхов суировской свиты и нижней части урюкской свиты, относящейся уже к типичной ашинской серии. Поскольку суировская свита представлена алевритами и аргиллитами, а урюкская — гравелито-песчаниками, т. е. породами, которые могут лежать в основании нового трансгрессивного цикла, то ранее было предположено, что переход между этими образованиями резкий, с эрозионным срезанием [Горожанин, 1988]. В настоящее время мы полагаем, что эта точка зрения не верна, поскольку имеются сомнения в аллювиальной или пляжевой природе отложений урюкской свиты, соответственно и переход между ней и суировской свитой может быть без стратиграфического перерыва.

Палеокарст в подстилающих карбонатных отложениях

Наблюдаемые во многих местах выходы терригенных вендских отложений и карбонатных рифейских часто сближены, однако непосредственные контакты их обычно задернованы и скрыты от наблюдения. Обнаружение проявлений палеокарста в карбонатах рифея является аргументом в пользу эрозионного контакта с перекрывающими отложениями.

Закарстованные карбонаты миньярской свиты верхнего рифея найдены в двух точках (см. рис. 1). Одна находится на залесенном водоразделе рек Мал. Толпар и Зилим (координаты 54° 01' 02.8" N, 57° 07' 25.9" E), где ранее имелось коренное обнажение закарстованных и ожелезненных доломитов с большим количеством терригенного материала песчано-гравийной размерности. В настоящее время это обнажение разрушено, от него остались только элювиальные развалы (рис. 3).

Другая точка обнаружена непосредственно в русле р. Мал. Толпар (координаты 54° 00' 25,4" N,

Рис. 3. Элювий карстовой брекчии в миньярских доломитах

Fig. 3. Eluvium of karst breccia in the Minyar Formation dolomite

и 57° 07' 58,2" E), недалеко от сближенного контакта миньярских доломитов и алевропесчаников суировской свиты (рис. 4а).

Здесь можно наблюдать слой брекчий, представляющий собой толщу хаотического бесструктурного нагромождения карбонатных обломков (см. рис. 4в), прослеженную на расстоянии около 50 м. Отдельные крупные обломки находятся в перевернутом залегании, что определяется по направлению роста столбиков строматолитов. Важно отметить, что азимут и угол падения нижележащих карбонатов и вышележащих терригенных отложений полностью совпадают, что указывает на большую вероятность того, что характер этого контакта является не тектоническим, а эрозионным, по типу стратиграфического прилегания.

Брекчия сложена обломками преимущественно карбонатного состава, которые представлены исключительно доломитами миньярской свиты со строматолитами, а также небольшой терригенной примесью в виде окатанных кварцевых песчинок размерностью 1–2 мм. Небольшую часть обломков составляют кремни. Поскольку карст развит в отложениях миньярской свиты, представленных строматолитовыми доломитами с кремнями, можно с уверенностью сказать, что весь материал брекчий глыбовой и галечной размерности исключительно местный, а окатанные зерна кварца песчаной размерности, вероятно, имеют привнесенный характер. Размер обломков варьирует от первых см до 0.5 м. Обломки представлены глыбами угловатой формы (см. рис. 4г–е), а также галькой и дресвой различной степени окатанности; карбонатные глыбы имеют немного сглаженные очертания, обломки кремней — все остроугольные.

Матрикс брекчии, заполняющий пространство между крупными обломками строматолитовых доломитов, состоит из мелких обломков кремня и кварцевого песка, иногда с регенерационным кварцевым цементом, внутри которого просматривается окатанная форма кварцевых песчинок. Светло-серый среднекристаллический карбонат (доломит) цементирует промежутки между терригенным матриксом и глыбами строматолитовых известняков.

Литологические признаки, указывающие на палеокарстовую природу этих брекчий суммированы в [Горожанин и др., 2017]. К ним относятся: наличие коллапс-брекчии (брекчии обрушения), состоящей из угловатых глыб и обломков только

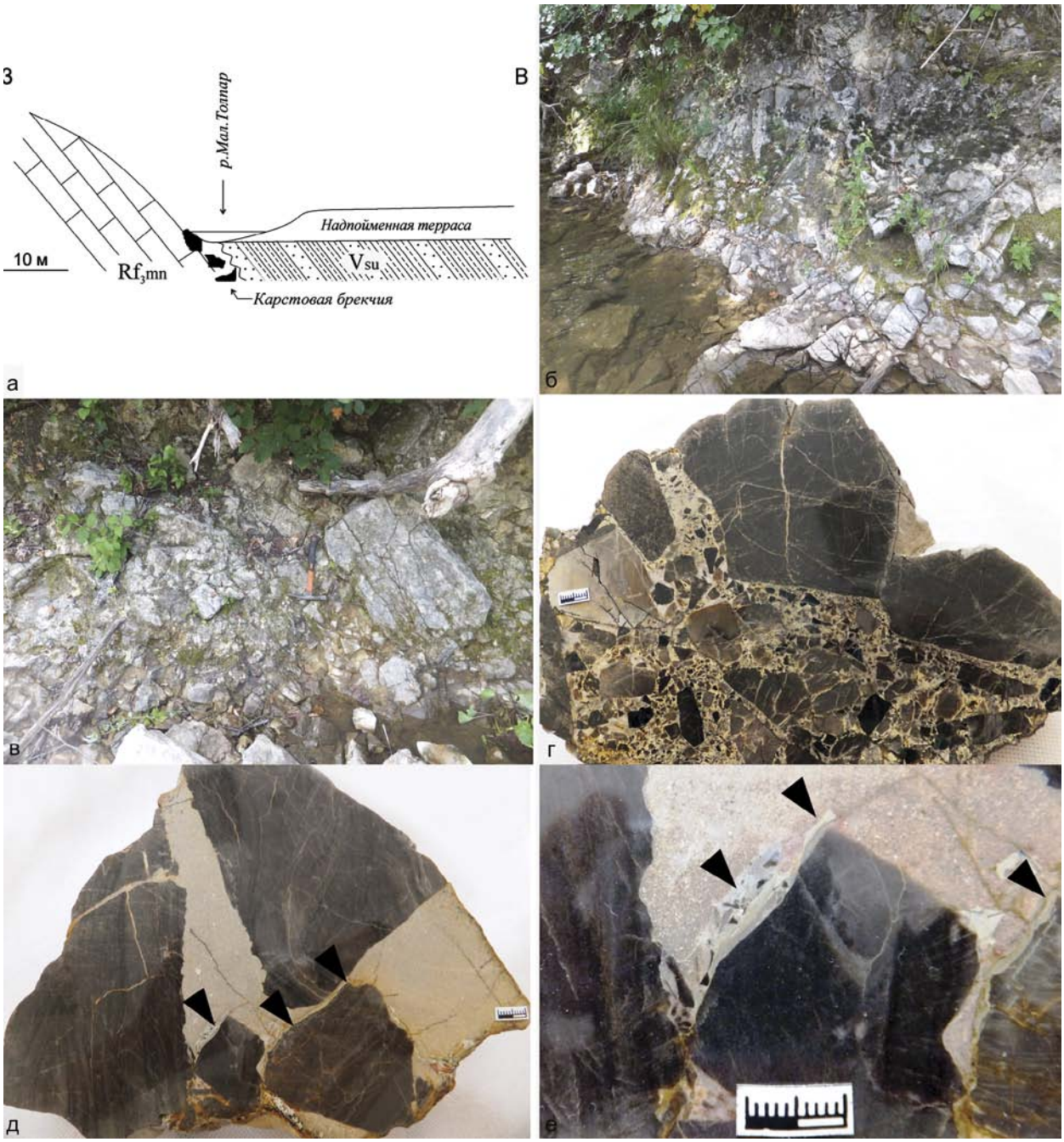

Рис. 4. Коренное обнажение палеокарстовой брекчии в русле р. Мал. Толпар

а — геологическая схема строения долины р. Мал. Толпар и положение пласта с палеокарстовой брекчией: RF_3mn — миньярская свита, Vsui — суировская свита; б — коренной выход карбонатных пород миньярской свиты с горизонтом палеокарстовой брекчии, русло р. Мал. Толпар в 1.5 км выше устья; в–е — палеокарстовая брекчия: в — общий вид, г — с мелкощебнистым матриксом из остроугольных карбонатных обломков, д — с цементом из перекристаллизованного доломита и тонкими глинистыми пленками на поверхности карбонатных глыб (отмечены черными стрелками), е — увеличенный фрагмент фото «д» с глинистыми пленками (пришлифовки, масштабная линейка — 1 см).

Fig. 4. The outcrop of paleokarst breccias in the Malyi Tolpar river bed

a — geological scheme of the structure of the valley of the Malyi Tolpar river and the position of the layer with paleocarst breccia: RF_3*mn* — Minyar Formation, V*sui* — Suirovo Formation; б — outcrop of carbonate rocks of the Minyar formation with the horizon of paleocarst breccia; the Mal. Tolpar river bed in 1.5 km above the mouth; в–е — paleocarst breccia, в — general view, г — with fine-grained matrix of sharp-angled carbonate fragments, д — with recrystallized dolomite cement and thin clay films on the surface of carbonate blocks (marked with black arrows), е — enlarged fragment of photo «д» with clay films (grinding, scale ruler — 1 cm).

местного карбонатного материала — строматолитовых доломитов миньярской свиты; примесь окатанных зерен кварца в матриксе заполнения брекчии; доломитовый цемент; реликты крустификационных каемок обрастания в карбонатном цементе; стилолитовые швы на границе обломков и доломитизированного матрикса. По микроскопическим наблюдениям пространство между обломками заполнено карбонатным материалом, в котором местами наблюдается большая доля песчаных окатанных зерен, что указывает на размыв и поступление терригенного материала в карстовые полости после их формирования.

Вероятность того, что карстование рифейских доломитов могло произойти в другие геологические эпохи или на современном этапе, нельзя отрицать. Однако такие признаки, как состав терригенных обломков, характер их карбонатной цементации, наличие в цементе структур сжатия — стилолитовых швов, указывают именно на древний, вероятнее всего предвендский возраст карстового процесса.

Проявление предвендского карста в верхнедокембрийских отложениях Южного Урала описано впервые, однако оно не является уникальным. Так, древний палеокарст описан в мезопротерозойских карбонатных отложениях на севере Канады [Glover, 2006] и во многих других регионах мира.

Толпаровская свита

Разрез толпаровской свиты находится на правом берегу р. Зилим в 0.7 км выше д. Толпарово (рис. 5), где обнажено около 300 м терригенных отложений. Он описан многими исследователями [Козлов, 1982; Маслов и др., 2001; Пучков и др., 2014; Горожанин и др., 2015; Горожанин, Канипова, 2017].

Литологически разрез достаточно однороден. Отложения представлены преимущественно массивными песчаниками. Выделяется четыре основных литотипа пород: 1 — массивные разнозернистые песчаники с характерными «дырками» — пустотами от выщелачивания карбонатных литокластов, этот тип песчаников наиболее распространен; 2 — тиллитовидные «мусорные» конгломераты (диамиктиты) с рассеянными валунами и фрагментами пород, образуют слой мощностью около 10 м; 3 — сортированные тонкоплитчатые песчаники, в которых обнаружена тонкая слоистость типа «tidal bedding» [Горожанин и др., 2015], 4 — аргиллиты зеленовато-серые, тонкослоистые; этот литотип крайне редок, образует единичный прослой толщиной 0.3 м.

Таким образом, основные литотипы толпаровской свиты отличаются в целом по типу слоистости и степени сортировки зерен. По этим параметрам в разрезе выделяются две хорошо различимые группы пород.

В первую, диамиктитовую группу входят разнозернистые несортированные песчаники и тиллитовидные конгломераты, во вторую — песчаники и аргиллиты, для которых характерна отчетливо выраженная слоистость, определяемая по резкой смене гранулометрии.

I группа — диамиктиты (*валунно-галечные и песчаные*) содержат обломки глинистых сланцев, кремней, галечки кварца, угловатые фрагменты карбонатных пород в кварцевом песчаном матриксе. Обломочный материал поступал преимущественно из подстилающих пород. Характерной чертой диамиктитов является практически полное отсутствие слоистости, что отмечали и предыдущие исследователи [Маслов и др., 2001; Пучков и др., 2014]. Хаотично-беспорядочная неслоистая текстура пород, лишенная градационности (рис. 6а), вероятно, связана с отложением плохо сортированного материала в условиях катастрофически быстрого его привноса обломочным потоком типа масс-флоу (mass-flow). Другой их особенностью является присутствие угловатых и плохо окатанных карбонатных обломков: в песчаниках — мелкогравийной размерности (рис. 6б), а в конгломератах — до 0.4 м. При выветривании этих преимущественно кварцевых песчаников и конгломератов от карбонатных обломков остаются характерные «дырки» угловатой формы, из-за чего при описании их часто называют «дырчатыми». Несмотря на то, что мощность собственно тиллитовидных конгломератов существенно меньше мощности песчаников, эти два литотипа связаны генетически и песчаники также относятся к диамиктитам. Массивные несортированные песчаники сосредоточены в верхней части свиты, составляющей примерно три четверти ее объема.

II группа. В нижней части свиты выделяются два других литотипа, для которых характерна отчетливо выраженная слоистость, выделяющаяся по резкой смене гранулометрии. В эту группу входят *глинистые аргиллиты* серовато-зеленого цвета, тонкослоистые, образующие прослой внутри тиллитовидных конгломератов, который является единственным во всем разрезе свиты (рис. 6г), и *песчаники кварцевые хорошо сортированные*, тонкоплитчатые, слагающие ясно выраженные ритмичные слои среди несортированных массивных песчаных

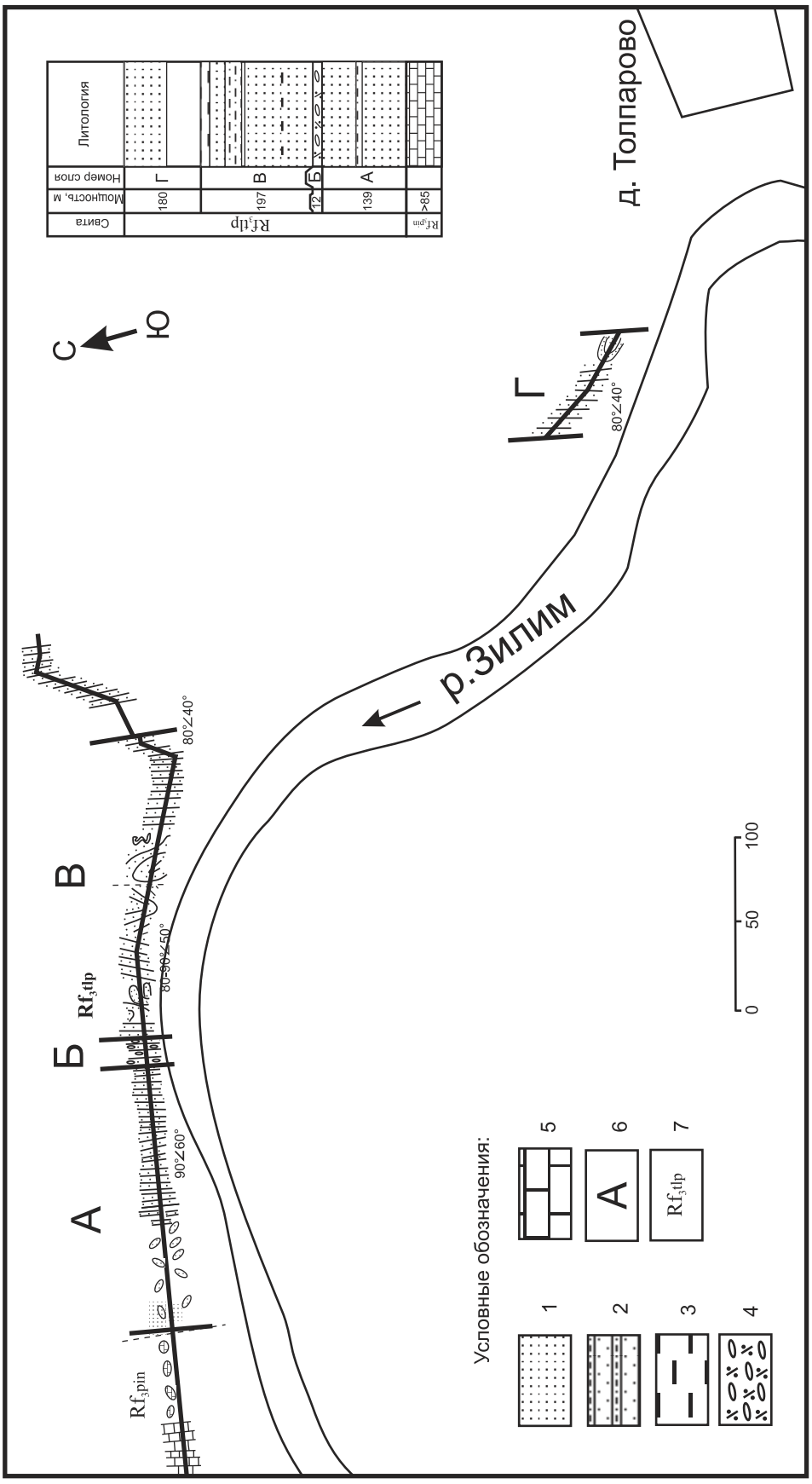

Рис. 5. Схема выходов и стратиграфическая колонка отложений толпаровской свиты по правому берегу р. Зилим ниже д. Толпарово [Горожанин, Канипова, 2017]

Условные обозначения: 1 — песчаники слоистые; 2 — массивные неслоистые песчаные диамиктиты с подводно-оползневыми явлениями; 3 — диамиктиты валунно-галечные; 4 — задернованные участки с обломками песчаников; 5 — известняки; 6 — индексы отложений; 7 — выделенные толщи: А — приливно-отливная с прослоями несортированных песчаников, Б — конгломератово-диамиктитовая, В — песчано-диамиктитовая, Г — песчано-диамиктитовая с горизонтом пиритовых конкреций.

Fig. 5. Scheme of outcrops and stratigraphic column of the Tolparovo Formation sediments on the right bank of Zilim river below Tolparovo village [Gorozhanin, Kanipova, 2017]

Legend: 1 — fine bedded sandstones; 2 — massive unbedded sandy diamictites with slumps; 3 — boulder-pebble diamictites; 4 — cover areas with fragments of sandstones; 5 — limestones; 6 — Formation's indexes; 7 — established srtata: A — tidal with layers of unsorted sandstones, Б — conglomerate-diamictite, В — sand-diamictite, Г — sand-diamictite with a horizon of pyrite nodules.

Рис. 6. Типы пород в отложениях толпаровской свиты в разрезе по правому берегу р. Зилим ниже д. Толпарово

а — диамиктит; б — песчаные диамиктиты массивной текстуры — разнозернистый песчаник с «дырками» — пустотами выщелачивания от карбонатных литокластов; в — глинистые породы; г — чередование тонкослоистых мелкозернистых и толстослоисто- массивных крупнозернистых несортированных песчаников

Fig. 6. Types of rocks in the Tolparovo Formation deposits in the section on the right bank of the Zilim river below Tolparovo village

а — diamictite; б — sandy diamictites with massive texture — different-grained sandstone with “holes” — voids of leaching from carbonate lithoclasts; в — clay rocks; г — alternation of thin-layered fine-grained and thick-layered massive coarse-grained unsorted sandstones.

диамиктитов (рис. 6 д). В тонкоплитчатых песчаниках наблюдается отчетливая параллельная горизонтальная слоистость с хорошо выраженными двойными нитевидными слойками (куплетами) тонкого глинистого материала (рис. 7 а). Такой тип слоистости отражает приливно-отливную деятельность [Smith, 1988], которая, очевидно, может осуществляться только в морских условиях.

В песчаниках толпаровской свиты также наблюдается другой тип слоистости, который, возможно, отражает крупную рябь волнений [Маслов и др., 2001]. Она выражена криволинейной поверхностью напластования с «длиной волны» до 1.5 м и амплитудой 20–30 см (рис. 7 б). Это сближает ее со штормовой слоистостью типа «hummocky» [Swift et al., 1983]. Мы интерпретируем эти волнообразные поверхности напластования в толстослоистых прослоях как признак влияния штормовых волн в относительно глубоководных (до 100 м) условиях. Об относительно глубоководной обстановке свидетельствует также наличие подводно-оползневых горизонтов, установленных в разрезе свиты.

В соответствии с распределением указанных выше литотипов и их групп в разрезе толпаровской свиты можно выделить несколько толщ (снизу вверх, см. рис. 5).

Толща А — «приливно-отливная», представлена чередованием слоев песчаников разной зернис-

Рис. 7. Типы слоистости и другие литологические индикаторы в отложениях толпаровской свиты в разрезе по правому берегу р. Зилим ниже д. Толпарово

А — сдвоенные нитевидные глинистые слойки приливно-отливной слоистости в мелкозернистых песчаниках; Б — крупноволнистая слоистость (типа хамоки); В — подводно-оползневая складка в неслоистых несортированных песчаных диамиктитах; Г — струйки стекания; Д — микроскладки оползания (?); Е — микроконкреции окисленного пирита в кровле диамиктито-песчаной толщи толпаровской свиты.

Fig. 7. Types of bedding and other lithological indicators in the deposits of the Tolparovo Formation in the section on the right bank of the Zilim river below Tolparovo village

A — mud couplets of tidal bedding in fine-grained sandstones; Б — large wavy stratification (hammocky-type); B — underwater-landslide fold in non-layered unsorted sand diamictites; Г — flow trickles; Д —microfolds of landslide (?); E — microconcretions of oxidized pyrite in the roof of the diamictite-sand unit of the Tolparovo Formation.

тости, сортировки и слоистости. Формировалась в морской обстановке в условиях мелководного шельфа с гидродинамической активностью приливно-отливного типа, которая приводила к водной сортировке приносимого песчаного материала. Привнос материала происходил не постоянно, а импульсно, в результате чего привнесенный терригенный материал не успевал перемываться, и сформировалась толща чередования слоев перемытого, хорошо сортированного и неперемытого, плохо сортированного песчаного материала. Мощность 139 м.

Толща Б — «конгломерато-диамиктитовая», сложена полимиктовыми конгломератами, отражает резкий привнос большого количества грубого неокатанного диамиктитового материала после некоторого волнового затишья, литологически выраженного накоплением глинистого материала. Мощность 12 м.

Толща В — «песчано-диамиктитовая» как и толща 2, сложена полимиктовым материалом, который отличается лишь гранулометрией — резко преобладает песчаный материал. Мощность 197 м. В песчаниках наблюдаются: слоистость штормовой природы (hummocky), что свидетельствует об осадконакоплении в условиях ниже базиса волновой деятельности, а также участки неслоистого дисгармоничного строения различной мощности, которые являются горизонтами развития подводно-оползневых структур [Горожанин, Канипова, 2017].

Самый крупный горизонт, мощностью около 35 м, находится в 10–15 м выше слоя диамиктитовых конгломератов (рис. 8а), ограничен сверху и снизу песчаниками с обычной горизонтальной слоистостью. Определение направления слоистости внутри этого горизонта весьма затруднительно, зато хорошо выражены криволинейные поверхности — реликты закрученных в рулеты структур (рис. 8в–г). Сохранность первичной седиментогенной слоистости, впрочем, затруднена из-за наличия трещин кливажа.

В другом горизонте с нарушенной регулярной слоистостью, мощностью около 10 м, явно выраженных подводно-оползневых складок не заметно, но в нем присутствуют образования округло-комковатого сложения, имеющие в поперечном срезе корытообразную (троговую) форму (рис. 8б). По-видимому, они представляют собой эрозионные каналы, заполненные комковато-бесструктурной массой, хорошо выделяющиеся на фоне регулярно-слоистой толщи.

Обычно им присущи комковатость и округлые формы отдельности, тогда как для слоев с регулярной горизонтальной слоистостью, где выветривание идет по правильной ортогональной сетке, образованной пересечением слоистости и кливажа, более характерна брусковидная отдельность.

Толща Г сложена горизонтально-слоистыми песчаниками различной степени сортированности и плитчатости. Слабо выраженные признаки подводно-оползневых структур отмечаются и в этой толще. Их присутствие выявляется лишь по некоторым косвенным признакам — небольшим «заворотам» слоев, раздуву мощности и характеру выветривания слоя песчаника. Мощность (с учетом задернованных участков) — 180 м.

В песчаниках отмечены также две особенности. Первая — присутствие на поверхностях напластования некоторых слоев линейчатых структур (рис. 7г) и бугорчато-ямчатых (рис. 7д) образований. Генезис их неясен, отчасти они напоминают незакономерные знаки ряби, а также струйки стекания. Мы предполагаем, что они могли быть структурами оплывания полужидкого песчаного осадка. Второй особенностью является присутствие в песчаниках заметных количеств стяжений гидроокислов железа в виде мелких конкреций овальной формы (рис. 7е) и формирующихся вокруг них колец Лизеганга, из-за чего вся толща окрашена в желтовато-бурый цвет. В срединных частях некоторых блоков таких желтовато-бурых песчаников сохранились «ядра» неизмененного светло-серого песчаника, в цементе которого присутствует довольно большое количество неокисленного пирита. Из этого можно сделать заключение, что все железо, окислы которого окрашивают толщу в бурый цвет, появилось в результате окисления этого пирита. Другими словами, вся толща представляет собой горизонт, первично обогащенный пиритом. По всей вероятности, формирование ее могло происходить в эвксинных условиях.

Образование терригенных отложений толпаровской свиты происходило под действием двух разнонаправленных процессов: поступления больших количеств обломочного песчано-диамиктитового материала на терригенный шельф и их размыва в результате приливно-отливной, штормовой и волновой деятельности.

Данное расчленение несколько отличается от стратификации этого разреза, проведенного другими исследователями [Маслов и др., 2001; Пучков и др., 2014].

Последовательность выделенных толщ и выявление новых литологических индикаторов позволило установить отчетливую тенденцию к углублению бассейна от начала осадконакопления.

Рис. 8. Подводно-оползневые горизонты в песчаных диамиктитах толпаровской свиты в разрезе по правому берегу р. Зилим у д. Толпарово

а — общий вид первого (нижнего) подводно-оползневого горизонта в песчано-диамиктотовой толще толпаровской свиты; б–в — отпрепарированная криволинейная поверхность центральной части песчаной толщи; г — контакт горизонтальнослоистых песчаников (1) и дисгармонично слоистых песчаников первого подводно-оползневого горизонта (2); д — подводно-оползневые структуры: возможные эрозионные каналы (отмечены белыми стрелками) с хаотичным заполнением песчаным материалом во втором горизонте оползневых дислокаций, толща «В» толпаровской свиты. Черными стрелками отмечена слоистость типа «хамоки».

Fig. 8. Underwater landslide horizons in the sandy diamictites of the Tolparovo Formation in the section along the bank of the Zilim river near Tolparovo village

а — general view of the first (lower) underwater landslide horizon in the sand-diamictite unit of the Tolparovo Formation; б–в — prepared curved surface of the central part of the sandy unit; г — contact of horizontally layered sandstones (1) and disharmoniously layered sandstones of the first underwater landslide horizon (2); д — underwater landslide structures: possible erosion channels (marked with white arrows) with chaotic filling with sand material in the second horizon landslide dislocations, strata “B” of the Tolparovo Formation. Black arrows mark the bedding of “hummoky” type.

Необходимо отметить, что в описанном выше разрезе толпаровской свиты представлена не самая глубокая часть эрозионной долины. Севернее, в районе устья р. Бол. Реват, терригенные отложения придонной части впадины представлены более грубыми разностями — мелкогалечными породами, известными как «калыштинские конгломераты» [Беккер, 1975]. Там же в пойме р. Зилим была обнаружена крупная глыба песчаника с крупными валунами и гальками удлиненной плиткообразной формы, что указывает на аллювиальный характер окатанности [Горожанин, 1988].

Суировская свита

Суировская свита залегает стратиграфически выше толпаровской [Келлер и др., 1984; Горожанин 1988]. Она обнажена в обрывах правого берега р. Мал. Толпар, а также в придорожных выработках строящейся дороги Красноусольск–Инзер (см. рис. 1). В естественных обнажениях на р. Мал. Толпар, где наблюдается нижняя приконтактовая часть свиты, ранее были выделены, несмотря на фрагментарность разреза, основные разности пород, а также слой с тиллитовидными конгломератами [Келлер и др., 1984]. Толпаровская свита в этом обнажении отсутствует и суировские терригенные осадки залегают на доломитах миньярской свиты. Непосредственный контакт терригенной толщи суировской свиты с подстилающими карбонатами миньярской свиты в указанном разрезе задернован. Однако выше по склону, на водораздельной части, находятся глыбовые элювиальные развалы сильно закарстованных миньярских доломитов, в полостях размыва которых находится грубозернистый песчаный материал, что указывает на эрозионный характер этого контакта.

В водораздельной части р.р. Мал. Толпар и Зилим выемками строящейся дороги вскрыты обнажения большой протяженности (рис. 9), представленные породами, залегающими стратиграфически выше отложений, обнаженных по р. Мал. Толпар. Они выходят также в правом борту долины ручья Сыглы-елга. Здесь обнажена самая верхняя часть суировской свиты, т.к. наблюдаются сближенные выходы алевро-аргиллитов суировской свиты и перекрывающих аркозовых гравелито-песчаников урюкской свиты ашинской серии. Общее залегание отложений суировской свиты моноклинальное с падением на восток (Аз. пад. 40–55°∠30°), которое в поверхностных частях склонов осложнено ярко выраженными вторичными «загибами» слоев, создающими впечатление мелкой складчатости.

В суировской свите выделяется несколько литотипов терригенных отложений.

I литотип — глинистые аргиллиты и алевролиты горизонтальнослоистые (*полосчатые ламиниты*), незакономерно переслаивающиеся, с тонкими прослоями мелкозернистых песчаников. Слоистость горизонтальная, хорошо выдержанная,

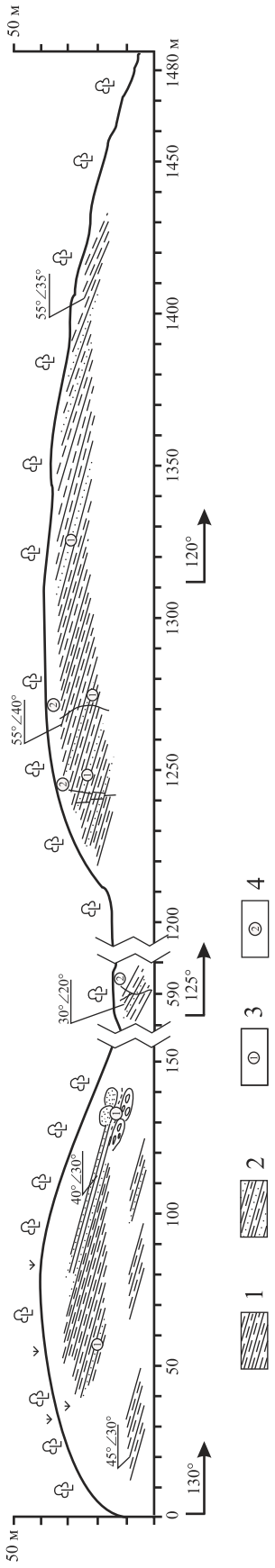

Рис. 9. Разрез отложений суировской свиты в районе д. Толпарово в придорожных выемках строящейся автодороги Красноусольск–Инзер

1 — алевро-аргиллиты; 2 — алевро-аргиллиты с прослоями песчаников; 3 — подводно-оползневые структуры; 4 — нептунические дайки.

Fig. 9. The section of the Suirovo Formations deposits near Tolparovo village in roadside excavations of construction autoroad Krasnousolsk–Inzer

1 — siltstone; 2 — siltstone with sandstone interlayers; 3 — underwater landslide structures; 4 — neptunian dikes.

подчеркивается чередованием слойков разной размерности и степенью густоты серой окраски (рис. 10 б). Такая слоистость, вероятно, образовалась в условиях спокойной седиментации, происходившей в лагуне или в части шельфа, где не было влияния волнового воздействия. Тонкая горизонтальная («ленточная») полосчатость не обнаруживает ни ритмичности, ни градационной слоистости, что исключает турбидитный характер осадконакопления. Такой тип слоистости более характерен для флювиогляциальных отложений.

II литотип — песчаники кварцевые, желтовато-бурые, тонкослоистые за счет прослоев глинистого материала. В разрезе суировской свиты по р. Мал. Толпар их мощность достигает 2–3 м [Келлер и др., 1984]. В выемках строящейся дороги они образуют отдельные тонкие прослои толщиной 5–15 см среди глинистых алевропелитов. Поверхности напластования таких песчаных прослоев обычно строго параллельны, однако внутри прослоев иногда обнаруживается волнистая слоистость типа восходящих знаков ряби (рис. 10 д), сочетающаяся с двойными глинистыми слойками приливно-отливной природы. Такая слоистость формировалась в песчаниках, вероятно, в периоды кратковременного падения уровня моря.

III литотип — валунно-глинистые диамиктиты, описанные ранее в разрезе по р. Мал. Толпар как тиллитовидные конгломераты, образуют отдельный слой мощностью около 26 м. Отложения представляют собой бесструктурный конгломерат окатанных и неокатанных обломков разнообразного состава в глинистом матриксе. В дорожных выемках строящейся дороги аналогичного слоя близкой мощности не обнаружено. Здесь повсеместно присутствуют небольшие прослои (от нескольких см до нескольких м) грубообломочного материала, которые либо завернуты в «рулеты» оползания вместе с алевроаргиллитами, либо формируют пластово-выклинивающиеся тела с утолщениями в средней части («каналы») (рис. 10 а, б). В составе обломков преобладает алевро-глинистый и карбонатный материал, но присутствуют также привнесенные издалека экзотические валуны, сложенные плагиогранитом. Несомненно, породы представляют собой диамиктитовый материал, аналогичный описанному ранее конгломерату по р. Мал. Толпар. Отсутствие постепенных переходов между глинами и конгломератами позволяет допустить, что более грубый диамиктитовый материал поступал в осадок в результате кратковременного катастрофического явления. Логично также предположить, что это могло быть таяние ледника или ледовый разнос, не исключено и влияние штормов. Породу в таком случае следует отнести к ледниковым диамиктитам (рис. 10 б, в).

В слоистой алевропелитовой толще имеется тонкий 0.5–1.0 мм прослой белого кварцевого песчаника отчетливо линзовидной формы, который резко выделяется на темном фоне общей породы (рис. 10 д). Генезис слойка можно объяснить штормовым привносом хорошо отмытого кварцевого материала в более глубокую часть депрессии или шельфа. В таком случае этот прослой кварцевого песчаника представляет собой темпестит. В алевропелитах суировской свиты, как и в толпаровской свите, отмечены проблематичные знаки ряби, необычность которых выражается в малой амплитуде (2–3 см) рифелей при довольно большой длине волны 0.4 м. Генетическая интерпретация этих образований затруднительна. Наиболее вероятно утверждение о слоистости крупноволновой ряби типа «hummocky» штормовой природы.

В изученном разрезе суировской свиты хорошо выражены литологические макроструктуры — складки оползания (слампы), каналы-промоины, а также нептунические дайки и их комбинации (рис. 11).

Подводно-оползневые структуры в каналах-промоинах — представляют собой смятые в пакеты прослои диамиктитов в толще алевропелитов. Здесь диамиктит — это несортированный полимиктовый материал песчано-гравийной размерности, который залегает в виде прослоев с резкими границами в толще алевропелитов. Обломочный материал представлен кварцем, полевым шпатом, литокластами карбонатных и глинистых пород. Особенностью таких прослоев является форма залегания, которая выражается в том, что слои залегают линзообразно и чаще всего они образуют кулисообразно примыкающие друг к другу складки подводного оползания. Складки-пакеты оползания имеют как небольшие размеры, так и довольно крупные — амплитудой 1–3 м при протяженности до нескольких десятков метров. Последние можно увидеть только в больших обнажениях, сопоставимых по размеру со складками. Изредка можно наблюдать, что пакет смятых в складку пород перекрыт сверху толщей осадков, залегающих с угловым несогласием (рис. 11 г) по типу стратиграфического прилегания. Формирование таких складок, вероятно, происходило в условиях очень быстрого (катастрофического) привноса обломочного материала, когда на фоне алевропелитовой седиментации масса привнесенного грубозернистого материала, поступившего в бассейн

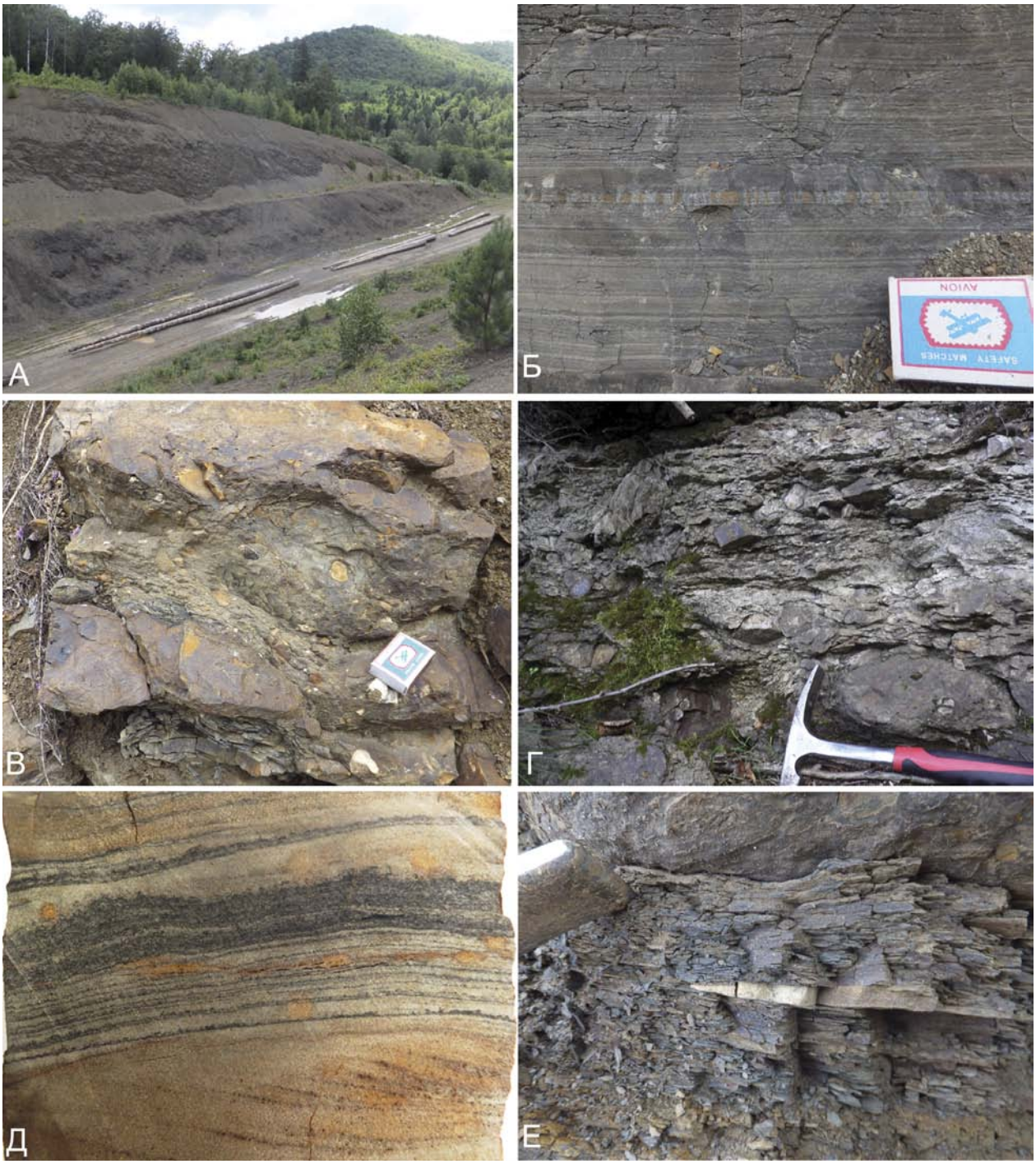

Рис. 10. Общий вид выходов и литологические типы отложений суировской свиты

А — общий вид выходов суировской свиты в дорожной выемке на водоразделе р.р. Зилим и Мал. Толпар; Б — горизонтальная слоистость и полосчатость; В — прослой диамиктита в алевропелитовой толще; Г — горизонт валунно-глинистого диамиктита в толще алевропелитов; Д — прослои сортированных песчаников с реликтами приливно-отливной слоистости и ряби течений в алевро-глинистой толще; Е — линзовидный прослой кварцевого песчаника в толще алевропелитов.

Fig. 10. General view of outcrops and lithological types of the Suirovo Formation

А — the general view the outcrops of the Suirovo Formation in the road excavation in the watershed of the Zilim and Mal. Tolpar rivers; Б — horizontal bedding and banding; В — diamictite interlayer in the aleuropelite unit; Г — horizon of boulder-clay diamictite in the aleuropelite strata; Д — interlayers of sorted sandstones with relics of tidal bedding and current ripples in the siltstone unit; Е — lenticular interlayer of quartz sandstone in the aleuropelite strata.

Рис. 11. Подводно-оползневые и другие структуры в алевро-глинистой толще суировской свиты

А — подводно-оползневые складки («рулеты») конгломератовых диамиктитов; Б — песчаниковые «футляры» — реликты подводно-оползневых «рулетов» мягких и твердых пород; В — каналы заполнения оползневым грубым песчано-диамиктитовым материалом; Г — крупные складки оползания, кулисообразно примыкающие друг к другу (верхняя толща с несогласием перекрывает складку по типу стратиграфического примыкания); Д — нептунические дайки мелкозернистых песчаников в толще алевропелитов; Е — комбинация «рулетов» оползания и нептунических даек.

Fig. 11. Underwater landslides and other structures in the silt-clay thickness of the Suirovo Formation

A — underwater-landslide folds («rolls») of the conglomerate diamictites; Б — sandstone «boxes» — relics of an underwater landslide «rolls» of hard and soft rocks; B — channel fill of landslide coarse sand-diamictite material; Г — large landslide folds, coulisse-formed fitted to each other (the upper strata overlaps unconformably the slide fold as a stratigraphic fit uncomformity type); Д — neptunic dikes of fine-grained sandstones in the thick mudstones; E — the combination of slide «rolls» and neptunic dikes.

седиментации, возможно, в результате вытаивания из ледника, не выдерживала сцепления с глинистым материалом и начинала сползать, образуя оползневые «рулеты».

Каналы-промоины, заполненные диамиктитами. В некоторых случаях «рулеты» оползания имеют ограниченные размеры (первые метры) и ясно выраженный раздув мощности. Диамиктиты в них имеют грубообломочную размерность — от крупногалечных до мелковалунных конгломератов, представленных окатанными кремнями (рис. 11 в). Вероятно, они формировались в условиях геоморфологически выраженного канала-промоины на склоне бассейна. Небольшой размер каналов и клиновидная форма пластов грубообломочного материала позволяет предположить, что каналы не были созданы действием какого-то предшествующего процесса. Вероятнее всего, они сформировались под действием самих оползней, образовавшихся в результате катастрофического сброса (привноса) этого грубообломочного материала, другими словами, представляют собой перемещенные «гнезда камней».

Нептунические дайки представлены системой разветвленных «жил», мощностью 5–15 см, сложенных мелкозернистым песчаным материалом и ориентированных перпендикулярно напластованию. В разрезе они прослеживаются на протяжении 7–10 м (рис. 11 д). Генезис таких образований недостаточно ясен. Скорее всего, он связан с выжиманием тонкого песчаного и, вероятно, флюидизированного материала под весом вышележащих осадков. Нептунические дайки находятся в тесной ассоциации с пакетами оползания, и даже образуют некоторые взаимопереходные формы. Так, на отм. 1270 м разреза наблюдаются нептунические дайки, нижние части которых закручены в «рулеты» (рис. 11 е).

В средней части суировской свиты, где наблюдаются породы с приливно-отливной слоистостью, подводно-оползневые структуры в алевро-глинистой толще не проявлены. Присутствие прослоев песчаника в алевро-глинистой толще с отчетливыми оползневыми явлениями, по-видимому, может указывать на существование вдольсклоновых или вдольбереговых течений, приводящих к частичной сортировке терригенного материала. Такие течения, как известно, также могут формировать рябь, похожую на волновую, но связанную с течениями.

По преобладанию тех или иных литотипов в составе суировской свиты можно выделить следующие толщи:

Толща 1 — сложена ленточно-слоистыми алевропелитами с горизонтальной слоистостью, обнажена в центральной части крупной дорожной выемки (0–300 м), где в свежих разновидностях пород можно наблюдать первичную — темно-серую, почти черную окраску пород этой толщи. Истинная ее мощность и характер контакта с нижележащими песчаниками толпаровской свиты неясны из-за повсеместной задернованности. В разрезе по р. Мал. Толпар ее мощность составляет 40–60 м [Келлер и др., 1984], однако здесь мощность, по-видимому, сокращена, т.к. эта точка наиболее близка к эрозионному борту впадины.

Толща 2 — сложена флишеподобными алевропелитами с обильно проявленными слампами (подводно-оползневыми складками). Флишеподобный облик толще придает чередование прослоев песчаников и гравелитов, которые, однако, не имеют типичной градационной слоистости, а образуют среди алевропелитов протяженные подводно-оползневые складки. Вероятно, к такой складке в этой толще относится слой глинисто-валунных диамиктитов, описанный в работе [Келлер и др., 1984] как слой тиллитовидных конгломератов. Из-за ограниченности размеров обнажения масштаб всей структуры тогда оставался недостаточно ясным. Несмотря на флишеподобный облик, толща не представляет собой типичный флиш, т.к. отсутствуют основные признаки флиша — ритмичность и градационная слоистость, свойственная турбидитам. Общая мощность толщи составляет около 50 м (?).

Толща 3 — сложена слоистыми песчаниками и алевропелитами, характеризуется присутствием частых прослоев однородных сортированных песчаников, в которых видна плоскопараллельная горизонтальная слоистость, а в отдельных прослоях — слоистость приливно-отливного типа и восходящих знаков ряби. Характерные для предыдущей толщи оползневые структуры здесь отсутствуют. Очевидно, породы этой толщи формировались в несколько более мелководных условиях, где заметно влияние более активной гидродинамики. Резкую границу между толщами провести невозможно, мощность ее оценивается приблизительно в 200 м.

Толща 4 — сложена алевропелитами с подводно-оползневыми структурами — слампами. Из-за обилия подводно-оползневых структур представляет собой почти полной аналог второй толщи. Небольшие отличия связаны с меньшим размером рулетов оползания, а также меньшим количеством гравийного материала и присутствием прослоев темпеститов. По глубине образования осадков

близка к толще 3. Мощность самой верхней толщи суировской свиты около 100 м. Следует отметить, что севернее, на р. Мал. Реват на уровне именно этой толщи среди алевропелитов находится слой доломитов, который был интерпретирован как кеп-карбонат [Горожанин, Губеева, 1990; и др.]. В толпаровском разрезе подобные образования не обнаружены.

Урюкская свита

Характер верхней границы суировской свиты с гравелито-песчаниками урюкской свиты неясен из-за отсутствия обнажений. Мнение об эрозионном контакте суировских алевропелитов и урюкских гравелито-песчаников [Горожанин, 1988], по-видимому, неправильно, так как основано на предположении о резко отличающихся условиях формирования — глубоководных для «флишоидных» суировских алевропелитов и аллювиальных, согласно Ю.Р. Беккеру [1968], для урюкских пород. На самом деле отличия не столь значительны. Как было показано выше, условия формирования суировских отложений не соответствуют большим глубинам. В них местами присутствует приливно-отливная слоистость, а большое количество складок оползания, возможно, связано с нагрузкой вытаивающего обломочного материала и крутыми склонами подводной депрессии типа фьорда. Характер слоистости в урюкских отложениях также не указывает на крайнюю мелководность. Как показали наши наблюдения, за косую слоистость в песчаниках часто принимаются фрагменты крупных подводно-оползневых рулетов (рис. 12 а–г), которые довольно обильны в урюкских песчаниках, но из-за однородной литологии песчаной толщи их бывает довольно сложно распознать.

Обращает на себя внимание такая особенность гравелито-песчаников урюкской свиты, прежде всего, в ее нижней сероцветной толщи, как хорошая сохранность крупных кристаллов полевых шпатов, имеющихся в их обломочной части (рис. 12 д). Это определенно указывает на холодный климат, когда процесс химического выветривания замедлен. Вероятно, эта толща формировалась в условиях, еще близких к суировским.

Условия формирования

Суммируя все перечисленные выше седиментологические признаки, можно провести реконструкцию условий осадконакопления.

В нижней части толпаровской свиты обнаружены породы со слоистостью, характерной для приливно-отливной зоны, что свидетельствует о морских условиях образования этих прибрежных песков. В эту зону катастрофически выносилась большая масса несортированного песчаного материала, изредка с конгломератами, не успевавшая перемываться волнами и приливно-отливными течениями.

Возможная фациальная обстановка образования несортированных толпаровских песчаников и конгломератов — прибрежная зона с намывной песчаной равниной и потоками, формировавшимися при таянии ледника или при прорыве ледниковых озер. По-видимому, не только прослой конгломерата внутри песчаников представляет собой диамиктит, а вся толща несортированных песчаников должна рассматриваться в качестве диамиктитовой последовательности. При ее формировании обстановка осадконакопления постепенно менялась с окислительной на восстановительную, что способствовало образованию в песчаниках пиритовых конкреций фрамбоидального типа.

Новые факты, указывающие на условия осадконакопления, установлены и в вышележащих алевро-глинистых отложениях суировской свиты, в которых ранее был обнаружен единичный горизонт тиллитовидных конгломератов. В связи с отсутствием типовых ледниковых признаков — утюгообразных валунов-ледогранников с характерной ледниковой штриховкой, было высказано предположение об их подводно-оползневой природе [Келлер и др., 1984]. Однако оно не было подтверждено в связи с ограниченной обнаженностью разреза по р. Мал. Толпар и трудностью понимания реальных взаимоотношений конгломератов с вмещающими алевро-аргиллитами. В разрезе по р. Мал. Толпар подводно-оползневые пакеты в горизонтально-слоистых алевро-аргиллитовых породах отсутствовали. Сейчас установлено, что подводно-оползневые структуры с характерными «рулетами» чрезвычайно широко распространены в суировской свите. Они связаны с грубообломочными породами — конгломератами, которые образуют локальные быстро выклинивающиеся тела, сконцентрированные в каналах или формировавшие при сползании (?) каналы-промоины. В пространстве они ориентированы видимо субширотно, т.е. параллельно бортам эрозионной впадины-грабена.

При такой трактовке оказывается, что горизонт тиллитовидных конгломератов далеко не единичен. Фактически каждая такая подводно-оползневая

Рис. 12. Литологические особенности отложений нижней (серой) толщи урюкской свиты

а — крупная подводно-оползневая складка в гравелито-песчаниках, размер по длинной оси 3.5–4.0 м; б–в — отпрепарированные мелкие подводно-оползневые складки («рулеты»), сложенные алевропесчаниками; г — подводно-оползневая складка, срезанная песчаником с горизонтальной слоистостью, в тыловой части складки — крупный сползший литокласт гранито-гнейса; д — включение слабо выветрелого крупного кристаллокласта полевого шпата в гравелито-песчанике.

Fig. 12. Lithological features of sediments of the lower (gray) thickness of the Uryuk Formation

a — large underwater-landslide fold in gravelite-sandstones, the size of the long axis 3.5–4.0 m; б–в — prepared small underwater-landslide folds («rolls»), consisting of silty sandstones; г — underwater-landslide fold, cut by sandstone with horizontal bedding, in the back of the fold — big slide lithoclast of granitic-gneiss; д — inclusion of slightly weathered coarse feldspar crystalloclast in gravelitic sandstone.

структура, клинообразно утолщающаяся к середине каналов-промоин, сложена конгломератами. Природа самих конгломератов при этом остается неясной. Возможно, они представляют собой сгруженный тиль, который концентрировался при оползании в каналы-промоины.

Фациальный профиль осадконакопления в целом — 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 указывает на крутизну склонов бассейна. Произошла смена от мелководных прибрежно-морских обстановок до глубоководных условий авандельты или шельфа. К концу суировского времени глубина бассейна снова начала уменьшаться, и он стал заполняться грубозернистыми осадками урюкской свиты.

Таким образом, вся описанная осадочная последовательность имеет марино-гляциальный генезис.

Современным аналогом такой последовательности вероятно могут быть осадки, накапливающиеся в подводных эрозионных каналах и впадинах на баренцевоморском шельфе в районе архипелага Шпицберген. Длина таких каналов достигает десятков и даже сотен километров (рис. 13) [Andreassen et al., 2017].

Следует отметить, что сочетание признаков, присущих ледниковому или подводно-оползневому генезису, характерно для гляциальных отложений в разрезе верхнего докембрия Южного Урала. В частности, для отложений близкого стратиграфического уровня — кургашлинской свиты в криволукском грабене восточной части БМА, следы подводного переотложения настолько характерны, что в противопоставлении ледниковому, предполагался флишоидный характер отложения этих образований [Чумаков, 1965]. В таком случае прослои тиллитовидных конгломератов, вероятно, следовало бы рассматривать как олистостромовые горизонты, характерные для флишевых формаций океанической стадии развития орогенов. В таких случаях различить гляциальные и марино-гляциальные от других генетических типов отложений помогает детальное изучение деформационных структур [Arnaud, 2011]. Указанная конвергенция признаков, очевидно, является следствием некоторой схожести условий осадконакопления марино-гляциальных и турбидитных осадков: большой водообильности (разжижения) алевро-глинистого материала, пульсационного поступления разнородного терригенного материала, наличия расчлененного рельефа с крутыми склонами и т. п.

Дальнейшие исследования как современных, так и древних марино-гляциальных отложений показали сложность их строения и широкое развитие в них подводно-оползневых образований, что, как отмечает Н.М. Чумаков [1998], позволило примирить ледниковую и оползневую гипотезы происхождения тиллоидов кургашлинской свиты.

Очевидно, этот вывод также справедлив и для Толпаровского разреза, где развиты близкие по возрасту и генезису отложения, но прямых литологических индикаторов гляциального происхождения в виде штрихованных валунов, «бараньих лбов» и т. п. не обнаружено.

Проблемы корреляции с другими разрезами на Южном Урале и мировыми гляциогризонтами неопротерозоя

Отложения, распространенные на территории БМА в пограничном интервале между рифеем и вендом, испытывают резкие фациальные изменения, вследствие чего корреляция удаленных разрезов встречает трудности.

Бакеевская свита, распространенная в западной части БМА, в типовом разрезе на р. Зилим в районе д. Бакеево представлена маломощной тонкослоистой песчано-алевро-аргиллитовой толщей с обильным проявлением глауконита и гематитовых прослоев. В районе д. Толпарово, расположенном в 20 км северо-западнее, в интервале между укской свитой верхнего рифея и урюкской свитой венда, залегают отложения, представленные мощными многосотметровыми терригенными осадками (толпаровская и суировская свиты), они выполняют эрозионную впадину и имеют, как показано выше, марино-гляциальный генезис, отложения формировались в условиях с бескислородным режимом.

На восточном склоне БМА в Криволукском грабене между известняками укской свиты верхнего рифея и гравелито-песчаниками байназаровской свиты (литологического аналога урюкской свиты) венда залегают кварцевые песчаники криволукской свиты (100–250 м) и «микститы» кургашлинской свиты (160–200 м). Ледниковый генезис «микститов», которые изначально рассматривались в качестве моренных образований [Лунгерсгаузен, 1947], затем длительное время оспаривался, и лишь в последние годы был признан [Чумаков, 1998]. По нашим наблюдениям, гляциогенный характер имеют не только кургашлинские, но и перекрывающие

Рис. 13. Подводные эрозионные каналы и впадины на Баренцевоморском шельфе в районе арктического архипелага Шпицберген [Andreassen et al., 2017]

Fig. 13. Submarine erosion channels and depressions on the Barents sea shelf area close to the Arctic archipelago Svalbard [Andreassen et al., 2017]

их байназаровские отложения, в которых описаны признаки марино-гляциального генезиса [Горожанин, Канипова, 2017].

Таким образом, стратиграфический уровень в виде бакеевских, толпаровско-суировских и криволукско-кургашлинских отложений, жестко «зажат» между породами типового верхнего рифея и отложениями ашинской молассы венда. Мощность их значительно варьирует от 140 до 1200 м.

Этот комплекс отложений, имеющих свои собственные литофациальные черты, соответствует не молассовому, а марино-гляциальному характеру осадконакопления и, вероятнее всего, связан с одним из уровней неопротерозойских гляциогоризонтов, широко распространенных в мире.

Надежных изотопных датировок, позволяющих датировать его, чтобы соотнести с известными уровнями, нет. Исключение составляют датировки глауконита бакеевской свиты, по которым K-Ar методом было получено 609 млн лет [Беккер, 1975], Rb-Sr изохронным методом 617 млн лет [Козлов, Горожанин, 1993]. Последняя датировка бакеевского глауконита соответствует 640 млн лет [Зайцева и др., 2019]. Для глауконита из подстилающей укской свиты получено 688±20 млн лет, Rb-Sr метод [Горожанин, Кутявин, 1986].

Если учесть, что в неопротерозое было несколько периодов крупных оледенений и дегляциаций: Кайгас (~750 млн лет), Рэпитан (~710 млн лет), Стерт (~660 млн лет), Марино (~636 млн лет), Гаскье (~582 млн лет), Байконур (~542 млн лет) [Чумаков, 2011], то описанный нижневендский уровень может соответствовать стертскому или мариноанскому глобальным уровням оледенений.

Проблема осложнятся тем, что в Тирлянском районе восточной зоны БМА, где стратиграфически выше верхнерифейских отложений также были известны тиллитовидные конгломераты (аршинская свита), которые коррелировались с кургашлинским уровнем района Кривой Луки, в настоящее время выделен новый рифейский стратон — аршиний [Козлов и др., 2011], объединяющий, кроме аршинских метатиллитов, еще и метавулканиты игонинского комплекса, по которым получены U-Pb SHRIMP-датировки циркона 707.0±2.3 млн лет и 732.1±1.7 млн лет [Пучков и др., 2014].

Таким образом, возможный возрастной диапазон дискуссионного интервала, соответствующий формированию отложений бакеевского уровня — от 720 до 640 млн лет, что представляется слишком большим. Предложены различные варианты решения этой проблемы. Согласно одному из них, диамиктиты, распространенные в Толпаровском, Криволукском и Тирлянском районах, принимаемые за единый маркирующий горизонт, относятся к разным гляциогоризонтам [Пучков, 2012]. Проблема требует дальнейших исследований.

Список литературы:

Беккер Ю.Р. Позднедокембрийская моласса Южного Урала. – Л.: Недра, 1968. – 160 с.

Беккер Ю.Р. О выделении бакеевских отложений в стратотипическом разрезе рифея // Изв. АН СССР. Сер. геол. – 1975. – № 6. – С. 125–129.

Горожанин В.М. К вопросу о нижней границе венда на Южном Урале // Верхний докембрий Южного Урала и востока Русской плиты. – Уфа: ИГ БНЦ УрО АН СССР, 1988. – С. 41–45.

Горожанин В.М., Губеева Л.В. Rb-Sr изотопное датирование глинистых сланцев из нижних горизонтов венда (Южный Урал). // Геология докембрия Южного Урала и востока Русской плиты: Сб. статей. – Уфа: БНЦ УрО АН СССР, – 1990. – С. 39–44.

Горожанин В.М., Канипова З.А. Литологические индикаторы марино-гляциального генезиса отложений

байназаровской свиты венда (Криволукский грабен Башкирского мегантиклинория, Южный Урал) // Геологический сборник №13 / ИГ УНЦ РАН [Электронный ресурс]. – Спб: Свое издательство, 2017. – С. 34–43. – URL: http://ig.ufaras.ru/File/E2017/Sbornik_13_IG USC RAS.pdf (дата обращения: 14.12.2019).

Горожанин В.М., Кутявин Э.П. Рубидий-стронциевое датирование глауконита укской свиты // Докембрий и палеозой Южного Урала: Сб. науч. трудов. – Уфа: БФАН СССР, 1986. – С. 60–63.

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 № 12 / ИГ УНЦ РАН [Эл. ресурс]. – Спб: Свое издательство, 2015. – С. 69–78. – URL: http://ig.ufaras.ru/File/E2015/Sbornik_12_IG USC RAS.pdf (дата обращения: 14.12.2019).

Горожанин В.М., Мичурин С.В., Канипова З.А., Биктимерова З.Р. Палеокарст в Толпаровском разрезе верхнего докембрия, Южный Урал // Геологический сборник №13 / ИГ УНЦ РАН [Эл. ресурс]. – Спб: Свое издательство, 2017. – С. 176–185. – URL: http://ig.ufaras ru/File/E2017/Sbornik_13_IG USC RAS.pdf (дата обращ.: 14.12.2019).

Зайцева Т.С., Кузнецов А.Б., Горожанин В.М., Горохов И.М., Ивановская Т.А., Константинова Г.В. Основание венда на Южном Урале: возраст глауконитов бакеевской свиты // Стратиграфия. Геол. корреляция. – 2019. Т. 27, № 5. – С. 82–96. doi.org/10.31857/S0869-592X27582-96.

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., Краснобаев А.А., Нехорошева А.Г., Бушарина С.В. Аршиний — новый стратон рифея в стратотипических разрезах Южного Урала // Геологический сборник № 9 / ИГ УНЦ РАН. – Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2011. – С. 52–56.

Лунгерсгаузен Л.О. О фациальной природе и условиях отложения древних свит Башкирского Урала // Сов. геология. – 1947. – № 18. – С. 35–74.

Маслов А.В., Крупенин М.Т., Гареев Э.З., Анфимов Л.В. Рифей западного склона Южного Урала (классические разрезы, седименто- и литогенез, минерагения, геологические памятники природы). – Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2001. – Т. 4. – 103 с.

Олли А.И. Древние отложения западного склона Южного Урала. – Саратов: Изд-во СГУ, 1948. – 413 с.

Пучков В.Н. Геология Урала и Приуралья (актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении). – Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2010. – 280 с.

Пучков В.Н. О возрасте ашинской серии Южного Урала. // Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана, Урала и сопредельных территорий: Матер. 9-й Межрег. науч.-практ. конф., Уфа, ноябрь, 2012. – Уфа: ДизайнПресс, 2012. – С. 47–51.

Пучков В.Н., Сергеева Н.Д., Ратов А.А. Отложения нижнего венда на Южном Урале: особенности состава и строения // Геологический сборник № 11 / ИГ УНЦ РАН. – Уфа:ДизайнПресс, 2014. – С. 22–36.

Стратотип рифея. Стратиграфия. Геохронология. – М.: Наука, 1983. – 184 с. (Тр. ГИН АН СССР; Вып. 377).

Стратиграфический кодекс России. – 3-е изд. – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2006. – 96 с.

Чумаков Н.М. О некоторых докембрийских тиллитоподобных породах СССР// Изв. АН СССР. Сер. геол. – 1965. – № 2. – С. 83–90.

Чумаков Н.М. Опорный разрез вендских ледниковых отложений Южного Урала (кургашлинская свита Криволукского грабена) // Урал: Фундаментальные проблемы геодинамики и стратиграфии. – М.: Наука, 1998. – С. 138–153.

Чумаков Н.М. Африканская ледниковая эра позднего протерозоя // Стратиграфия. Геологическая корреляция. – 2011. – Т. 19, № 1. – С. 3–23. – doi.org/10.1134/S0869593810061012.

Andreassen K., Hubbard A., Winsborrow M., Patton H., Vadakkepuliyambatta S., Plaza-Faverola A., Gudlaugsson E., Serov P., Deryabin A., Mattingsdal R., Mienert J., Bünz S. Massive blow-out craters formed by hydrate-controlled methane expulsion from the Arctic seafloor // Science. – 2017. – Vol. 356, Is. 6341. – P. 948–953. – DOI: 10.1126/science.aal4500.

Arnaud E. The paleoclimatic significance of deformation structures in Neoproterozoic successions: Special Issue on Clastic Sedimentology and the Neoproterozoic Glaciations // Sedimentary Geology. – 2011. – Vol. 243–244. – P. 33–56. – doi:10.1016/j.sedgeo.2011.09.012.

Glover J.F. Speleothem deposits in a proterozoic paleokarst, mesoproterozoic dismal lakes group, Arctic Canada: University of Tennesee Honors Thesis Projects, 2006. – https://trace.tennessee.edu/utk_chanhonoproj/960.

Smith D.G. Tidal Bundles and Mud Couplets in the McMurray Formation, Northeastern Alberta, Canada: Geological Notes // Bulletin of Canadian Petroleum Geology. – 1988. – Vol. 36, No. 2. – P. 216–219.

Swift D.J.P., Jr., A.G.F., Freeland G.L., Oertel G.F. Hummocky cross-stratification and megaripples: a geological double standard // J. of Sed. Petr. – 1983. – Vol. 53 (4). – P. 1295–1317.

References:

Andreassen K., Hubbard A., Winsborrow M., Patton H., Vadakkepuliyambatta S., Plaza-Faverola A., Gudlaugsson E., Serov P., Deryabin A., Mattingsdal R., Mienert J., Bünz S. Massive blow-out craters formed by hydrate-controlled methane expulsion from the Arctic seafloor // Science. 2017. Vol. 356, Is. 6341. P. 948–953. DOI: 10.1126/science.aal4500.

Arnaud E. The paleoclimatic significance of deformation structures in Neoproterozoic successions: Special Issue on Clastic Sedimentology and the Neoproterozoic Glaciations // Sedimentary Geology. 2012. Vol. 243–244. P. 33–56. DOI: 10.1016/j.sedgeo.2011.09.012.

Becker Ju.R. Pozdnedokembriiskaya molassa Yuzhnogo Urala [Late Precambrian Molasses of the Southern Urals]. Leningrad: Nedra, 1968. 160 p. (In Russian).

Bekker Yu.R. O vydelenii bakeevskih otlozhenij v stratotipicheskom razreze rifeya [About determinating of Bakeyevo deposits in the stratotypic section of the Riphean] // Izv. USSR Academy of sciences. Ser. Geol. 1975. No. 6. P. 125–129. (In Russian).

Chumakov N.M. O nekotoryh dokembrijskih tillitopodobnyh porodah SSSR [About some Precambrian tillite-like rocks of the USSR] // Izv. USSR Academy of sciences. Ser. geol. 1965. No. 2. P. 83–90. (In Russian).

Chumakov N.M. Opornyj razrez vendskih lednikovyh otlozhenij Yuzhnogo Urala (kurgashlinskaya svita Krivolukskogo grabena) [Basic section of Vendian glacial deposits of the southern Urals (kurgashli formation of Krivoluk Graben)] // Ural: Fundamental'nye problemy geodinamiki i stratigrafii [Ural: Fundamental problems of geodynamics and stratigraphy]. Moscow: Nauka, 1998. P. 138–153. (In Russian).

Chumakov N.M. Afrikanskaya lednikovaya era pozdnego proterozoya [African glacial era of the late Proterozoic] // Stratigraphy. Geological Correlation. 2011. Vol. 19, No. 1. P. 3–23. doi.org/10.1134/S0869593810061012. (In Russian).

Glover J.F. Speleothem deposits in a proterozoic paleokarst, mesoproterozoic dismal lakes group, Arctic Canada: University of Tennesee Honors Thesis Projects, 2006. http://trace.tennessee.edu/utk_chanhonoproj/960.

Gorozhanin V.M. K voprosu o nizhnej granice venda na Yuzhnom Urale [On the lower boundary of the Venda in the southern Urals] // Verhnij dokembrij Yuzhnogo Urala i vostoka Russkoj plity [Upper Precambrian of the southern Urals and the East of the Russian plate]. Ufa: IG Bashkir scientific center, Ural branch, USSR Academy of Sciences, 1988. P. 41–45. (In Russian).

Gorozhanin V.M., Gubeeva L.V. Rb-Sr izotopnoe datirovanie glinistyh slancev iz nizhnih gorizontov venda (Yuzhnyj Ural) [Rb-Sr isotopic Dating of clay shales from the lower horizons of Vendian (Southern Urals)] // Geologiya dokembriya Yuzhnogo Urala i vostoka Russkoi plity: Sbornik statei [Geology of the Precambrian of the southern Urals and the East of the Russian plate: Collected papers]. Ufa: BNC UrO AN SSSR, 1990. P. 39–44. (In Russian).

Gorozhanin V.M., Kanipova Z.A. Litologicheskie indikatory marino-glyacial'nogo genezisa otlozhenij bajnazarovskoj svity venda (Krivolukskij graben Bashkirskogo megantiklinoriya, Yuzhnyj Ural) [Lithological indicators of the marino-glacial genesis of the deposits of the Bainazarovo formation of Vendian (Krivoluksky Graben of the Bashkir meganticlinorium, southern Urals)] // Geologicheskij sbornik No. 13 / IG UNC RAN [Elektronnyj resurs]. St. Petersburg: Svoje publishing house, 2017. P. 34–43. URL: http://ig.ufaras.ru/File/E2017/Sbornik_13_IG USC RAS.pdf. (In Russian).

Gorozhanin V.M., Kutyavin E.P. Rubidii-stroncievoe datirovanie glaukonita ukskoi svity [Rubidium-strontium Dating of glauconite of the Uk Formation] // Dokembrii i paleozoi Yuzhnogo Urala: Sbornik nauchnyh trudov [Precambrian and Paleozoic of the southern Urals: Collection of scientific papers]. Ufa: BFAN SSSR, 1986. P. 60–63. (In Russian).

Gorozhanin V.M., Michurin S.V., Kanipova Z.A., Biktimerova Z.R. Litologicheskie osobennosti diamiktitov na granice rifeya i venda v razreze Tolparovo (Yuzhnyi Ural) [Lithological features of diamictites on the border of rife and Vendian in the section of Tolparovo (Southern Urals)] // Geologicheskii sbornik No. 12 / IG UNC RAN [Elektronnyj resurs]. St. Petersburg: Svoje publishing house, 2015. P. 69–78. URL: http://ig.ufaras.ru/File /E2015/Sbornik_12_IG USC RAS.pdf (date accessed: 14.12.2019). (In Russian).

Gorozhanin V.M., Michurin S.V., Kanipova Z.A., Biktimerova Z.R. Paleokarst v Tolparovskom razreze verhnego dokembriya, Yuzhnyi Ural [Paleocarst in the Tolparov section of the upper Precambrian, southern Urals] // Geologicheskii sbornik No. 13 / IG UNC RAN [Elektronnyj resurs]. St. Petersburg: Svoje publishing house, 2017. P. 176–185. URL: http://ig.ufaras ru/File/E2017/Sbornik_13_IG USC RAS.pdf. (In Russian).

Keller B.M., Veis A.F., Gorozhanin V.M. Tolparovskii razrez verkhnego dokembriya (Yuzhnyi Ural) [Tolparovsky section of the Upper Precambrian (South Urals)] // Izv. AN SSSR. Ser. geol. 1984. No. 9. P. 119–124. (In Russian).

Kozlov V.I. Verhnii rifei i vend Yuzhnogo Urala [The Upper Riphean and Vendian of the southern Urals]. M.: Nauka, 1982. 128 p. (In Russian).

Kozlov V.I., Gorozhanin V.M. K voprosu o vydelenii bakeevskoi svity i o vozraste bazal'nyh sloev ashinskoi serii Yuzhnogo Urala [On the determination of the Bakeyevo Formation and the age of the basal layers of the Asha series of the Southern Urals] // Verhnij dokembrij Yuzhnogo Urala i vostoka Russkoi plity [Upper Precambrian of the Southern Urals and the East of the Russian plate]. Ufa: UNC RAN, 1993. P. 14–23. (In Russian).

Kozlov V.I., Puchkov V.N., Krasnobaev A.A., Nehorosheva A.G., Busharina S.V. Arshinii — novyi straton rifeya v stratotipicheskih razrezah Yuzhnogo Urala [Arshinii is a new Riphean straton in the stratotype section of the Southern Urals] // Geologicheskii sbornik No. 9 / IG UNC RAN. Ufa: DizainPoligrafServis, 2011. P. 52–56. (In Russian).

Lungersgauzen L.O. O facial'noi prirode i usloviyah otlozheniya drevnih svit Bashkirskogo Urala [On the facies nature and conditions of deposition of ancient suites of the Bashkir Urals] // Sov. geologiya. 1947. No. 18. P. 35–74. (In Russian).

Maslov A.V., Krupenin M.T., Gareev E.Z., Anfimov L.V. Rifei zapadnogo sklona Yuzhnogo Urala (klassicheskie razrezy, sedimento- i litogenez, minerageniya, geologicheskie pamyatniki prirody) [Riphean of the Western slope of the southern Urals (classical sections, sedimentary and lithogenesis, Minerageny, geological monuments of nature)]. Ekaterinburg: IGG Uro RAS, 2001. Vol. 4. 103 p. (In Russian).

Ollie A.I. Drevnie otlozheniya zapadnogo sklona Yuzhnogo Urala [Ancient deposits of the Western slope of the southern Urals]. Saratov: Publishing house of SSU. 1948. 413 p. (In Russian).

Puchkov V.N. Geologiya Urala i Priural'ya (aktual'nye voprosy stratigrafii, tektoniki, geodinamiki i metallogenii) [Geology of the Urals and the PreUrals (actual issues of stratigraphy, tectonics, geodynamics and metallogeny)]. Ufa: DizajnPoligrafServis, 2010. 280 p. (In Russian).

Puchkov V.N. O vozraste ashinskoi serii Yuzhnogo Urala [On the age of the Asha series Southern Urals] // Geologiya, poleznye iskopaemye i problemy geoekologii Bashkortostana, Urala i sopredel'nyh territorii: Mater. 9-i Mezhreg. nauch.-prakt. konf. [Geology, minerals and problems of Geoecology of Bashkortostan, the Urals and adjacent territories: Proceedings of the 9th Interregional scientific and practical conference] Ufa, november, 2012. Ufa: Designpress, 2012. P. 47–51. (In Russian).

Puchkov V.N., Sergeeva N.D., Ratov A.A. Otlozheniya nizhnego venda na Yuzhnom Urale: osobennosti sostava i stroeniya [Lower Vendian in the southern Urals: composition and structure features] // Geologicheskij sbornik № 11 [Geological collection No. 11] / IG UNC RAS. Ufa: Designpress, 2014. P. 22–36. (In Russian).

Smith D.G. Tidal Bundles and Mud Couplets in the McMurray Formation, Northeastern Alberta, Canada: Geological Notes // Bulletin of Canadian Petroleum Geology. 1988. Vol. 36, No. 2. P. 216–219.

Stratigraficheskii kodeks Rossii [Stratigraphic Code of Russia]. 3th edition. SPb.: VSEGEI, 2006. 96 p. (In Russian).

Stratotip Rifeya. Stratigrafiya. Geokhronologiya [Stratotype of the Riphean. Stratigraphy. Geochronology]. M.: Nauka, 1983. 184 p. (Trudy GIN AN USSR; Is. 377). (In Russian).

Swift D.J.P., Jr., A.G.F., Freeland G.L., Oertel G.F. Hummocky cross-stratification and megaripples: a geological double standard // J. of Sed. Petr. 1983. Vol. 53 (4). P. 1295–1317.

Zajceva T.S., Kuznecov A.B., Gorozhanin V.M., Gorohov I.M., Ivanovskaya T.A., Konstantinova G.V. Osnovanie venda na Yuzhnom Urale: vozrast glaukonitov bakeevskoi svity [The Foundation of the Vend in the southern Urals: the age of the glauconites of the Bakeyev formation] // Stratigraphy. Geological correlation. 2019. Vol. 27, No. 5, P. 82–96. doi.org/10.31857/S0869-592X27582-96. (In Russian).

Сведения об авторах

Горожанин Валерий Михайлович, канд. геол.-мин. наук, Институт Геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа. E-mail: Gorozhanin@ufaras.ru

Мичурин Сергей Васильевич, канд. геол.-мин. наук, Институт Геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа. E-mail: s_michurin@mail ru

Войкина Залия Азатовна, Институт Геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа. E-mail: Zaliya.Kanipova@mail.ru

Биктимерова Зирина Ришатовна, Институт Геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа. E-mail: Zirina85@mail ru

Шарипова Айсылу Азатовна, Институт Геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа

Султанова Анна Геннадиевна, Башкирский государственный университет (БашГУ), г. Уфа; Институт Геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа. E-mail: anna_zakharova.ig@mail.ru

About the authors:

Gorozhanin Valery Michailovich, candidate of geological and mineralogical sciences, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa. E-mail: Gorozhanin@ufaras ru

Michurin Sergey Vasilyevich, candidate of geological and mineralogical sciences, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa. E-mail: s_michurin@mail ru

Voikina Zaliya Azatovna, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa. E-mail: Zaliya.Kanipova@mail.ru

Biktimerova Zirina Rishatovna, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa. E-mail: Zirina85@mail.ru

Sharipova Aisylu Azatovna, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa

Sultanova Anna Gennadievna, Bashkir State University (BSU), Ufa; Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa. E-mail: anna_zakharova.ig@mail ru