

УДК 551.71/72(234.853)

**ПОГРАНИЧНЫЙ РИФЕЙСКО-ВЕНДСКИЙ ИНТЕРВАЛ НА ЮЖНОМ
УРАЛЕ: ЛИТОЛОГО-ФОРМАЦИОННЫЙ И ГЕНЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К
КОРРЕЛЯЦИИ ОТЛОЖЕНИЙ ВОСТОЧНОГО И ЗАПАДНОГО СКЛОНОВ
БАШКИРСКОГО МЕГАНТИКЛИНОРИЯ**

В. М. Горожанин

Институт геологии Уфимского федерального исследовательского центра

Российской академии наук

e-mail: gorozhanin@ufaras.ru

Поступила в редакцию 14.05.2025 г.

После доработки 11.09.2025 г.

Принята к публикации 15.10.2025 г.

В результате литофациальных исследований и анализа имеющейся геологической информации проведена корреляция пограничных рифейско-вендских отложений из разных районов Южного Урала – Толпаровского, Криволукского и Тирлянского. В первых двух районах установлен литологический маркер ледниково-диамиктитовых отложений с вертикальной сменой терригенных фаций – от мелководно-морских приливно-отливных осадков с признаками наложения Мариногляциальной седиментации до более глубоководных, соответствующих условиям подводных конусов выноса дельтового типа или фьордов. В Тирлянском районе, в связи с сильной тектонизацией и метаморфизмом рифейско-вендских отложений, последовательность свит, выделенных в аршинскую серию, неоднозначна, и корреляция их с другими районами затруднена. В данной работе предлагается новая интерпретация положения свит аршинской серии. В основании серии залегают вулканиты игонинской свиты, отражающие стадию рифтогенеза. Стратиграфически выше располагаются песчано-глинистые отложения байнассской свиты (и ее предполагаемого фациального аналога – шумской свиты), формировавшиеся как осадки подвижного мелководья; они сопоставимы с отложениями, подстилающими диамиктиты в Толпаровском и Криволукском районах. Верхняя часть разреза представлена гляциодиамиктитовыми конгломератами махмутовской свиты. При таком варианте интерпретации положения свит аршинской серии единый Мариногляциальный уровень, пограничный между рифеем и вендом, прослеживается на территории Башкирского мегантиклинория в западном и восточном обрамлении; следовательно, он может быть включен в стратиграфическую шкалу верхнего докембрия Южного Урала.

Ключевые слова: Южный Урал, Башкирский мегантиклинорий, рифей, венд, аршиний, мариногляциальные диамиктиты, цирконовые и глауконитовые изотопные датировки, корреляция

ВВЕДЕНИЕ

Согласно стратиграфической шкале докембрия (Семихатов и др., 1991), к верхнему протерозою относятся рифей и венд. Стратиграфия верхнедокембрийских отложений Южного Урала на территории Башкирского мегантиклинория (БМА) имеет длительную историю изучения и в общих чертах была разработана еще в середине прошлого века (Горяинова, Фалькова, 1937; Шатский, 1945; Гарань, 1946, 1963; Олли, 1948; Домрачев, 1952; Иванов, 1956; Беккер, 1961; Гилева, 1965 и др.). Верхнерифейская стратиграфическая последовательность (каратавий), установленная в объеме зильмердакской, катавской, инзерской и миньярской свит, образует крупный трансгрессивный цикл. В верхней части каратавия была выделена укская свита (Домрачев, 1952). К венду отнесена последовательность отложений в объеме ашинской серии (урукская, басинская, куккараукская и зиганская свиты), залегающая на верхнерифейских породах со стратиграфическим перерывом. В низах ашинской серии была выделена бакеевская свита (Беккер, 1975; Стратиграфические..., 1993).

Бакеевская свита глауконитсодержащих песчаников и алевролитов имеет небольшую мощность и проявляет резкую фациальную изменчивость при прослеживании по территории БМА. В трех районах – Толпаровском, Криволукском и Тирлянском (рис. 1) – ей соответствуют отложения суировской, кургашлинской и аршинской свит, которые имеют существенно бóльшую мощность и несут черты ледникового генезиса. Потенциально они могут быть региональным маркирующим горизонтом при сопоставлении с другими регионами. Этот стратиграфический уровень, пограничный между рифеем и вендом, до сих пор является дискуссионным. Нерешенными остаются вопросы формационной принадлежности литостратиграфических единиц, их возраста и объема, режима формирования, принадлежности к одному или разным субглобальным гляциогоризонтам (Стерт и Марино) (Горожанин, 1990, 2023; Маслов, 2000; Маслов и др., 2013, 2018; Пучков, 2010; Дуб, 2021 и др.).

Рис. 1. Положение районов с пограничными рифейско-вендскими отложениями на схематической геологической карте БМА.

На территории БМА корреляция отложений этого стратиграфического уровня встречает определенные трудности, которые связаны как с некоторыми их региональными отличиями в западной и восточной частях антиклинория, так и с другими факторами – противоречиями в данных по стратиграфии, геохронологии и т.п. В западной части БМА (Толпаровский район) в разрезах по рр. Зилим и Малый Толпар на этом уровне выделен комплекс обломочных пород диамиктитовой природы, подразделяемый на толпаровскую и суировскую свиты. По результатам литологических наблюдений породы толпаровской и суировской свит отнесены к мариногляциальным отложениям (Горожанин и др., 2015, 2019). По возрасту они сопоставляются с бакеевской свитой (Келлер и др., 1984; Горожанин, 1988; Козлов, Горожанин, 1993). Необходимо отметить, что бакеевская свита, залегающая под песчаниками урюкской свиты венда, имеет глауконитовую датировку 642 ± 9 млн лет (Зайцева и др., 2019), что существенно древнее нижней границы венда – 600 млн лет, указанной в Стратиграфическом кодексе (2006). В последнее время имеются предложения о датировании нижней границы венда рубежом 640 ± 4 млн лет (Семихатов и др., 2015), поэтому этот дискуссионный уровень предлагается именовать как “пограничный рифейско-вендский”.

В восточной части БМА породы пограничного рифейско-вендского уровня имеются в Криволукском и Тирлянском районах. В Криволукском районе ледниковые отложения описаны еще в конце 1940-х гг. (Лунгерсгаузен, 1947), но их стратиграфическая принадлежность неоднократно пересматривалась. Диамиктиты, залегающие на терригенной толще алевролитов и песчаников (криволукская свита), рассматривались как часть ашинской серии (Беккер, 1968; Клочихин и др., 1969; Козлов, 1982). Их включали также в состав самостоятельной криволукско-кургашлинской последовательности – как отдельной свиты между каратауской и ашинской сериями (Келлер, 1966; Младших и др., 1978; Ключина, 1991), а также кудашской серии (“терминальный рифей”), в которую добавили и карбонатную укскую свиту (Стратотип..., 1983). Позднее эти отложения были разделены: нижняя, криволукская, часть вместе с укской свитой была отнесена к верхнему рифею, а верхняя, кургашлинская, – к венду (Стратиграфические..., 1993). По результатам литологических наблюдений кургашлинские диамиктиты в настоящее время рассматриваются как мариногляциальные отложения (Чумаков, 2015). В перекрывающих отложениях байназаровской свиты, которая обычно сопоставляется с урюкской свитой западной зоны, также установлены схожие с урюкскими литофациальные признаки ледниковых условий образования (Горожанин, Канипова, 2017а). Фациальная направленность осадконакопления похожа на толпаровско-суировскую последовательность (Горожанин, 2021, 2023).

В Тирлянском районе диамиктиты были известны в составе аршинской свиты, которую в настоящее время некоторые исследователи рассматривают в качестве серии (Козлов и др., 2011; Краснобаев и др., 2012; Пучков, 2012; Пучков и др., 2007, 2014а, 2023). Особенностью аршиния является присутствие в нем не только диамиктитов, но и вулканитов, которые были датированы Rb–Sr методом (677 ± 31 млн лет; Горожанин, 1998) и U–Pb методом (SHRIMP) по циркону (707–732 млн лет; Краснобаев и др., 2007, 2012). Возрастные рамки аршиния оцениваются диапазоном 707–750 млн лет (Сергеева, Пучков, 2022).

Из-за плохой обнаженности и достаточно высокого метаморфизма пород аршинской серии (Кац, Генина, 1976) литологические признаки в них практически не изучены, что не способствует установлению генезиса отложений и их корреляции с пограничными рифейско-вендскими образованиями Криволукского и Толпаровского районов.

Несмотря на то что ледниковые диамиктиты восточного и западного крыльев БМА залегают на разновозрастных образованиях – карбонатных породах укской свиты верхнего рифея, стратиграфическая корреляция их не очевидна, чему препятствует несколько обстоятельств. Во-первых, это геохронологическая неопределенность – изотопные датировки базального уровня нижневендских отложений (в бакеевской свите это глауконит с Rb–Sr возрастом 642 ± 9 млн лет (Зайцева и др., 2019)) оказываются моложе нижней возрастной границы аршиния на 110–130 млн лет. Во-вторых, комплекс характерных отложений, представленный аркозовыми песчаниками урюкской свиты на западном крыле и байназаровской свиты на восточном крыле БМА и перекрывающий диамиктитовые отложения, отсутствует в районе распространения аршинских вулканитов. Эти факты отражают сложности корреляции. По крайней мере, нельзя исключить того, что диамиктиты в аршинских отложениях и толпаровской свите могут относиться не к одному, а к разным гляциогенным уровням.

В настоящее время считается, что разрезы в Толпаровском и Тирлянском районах имеют разный возраст – позднерифейский (аршинский) в Тирлянском районе и поздневендский (котлинский) в Толпаровском (Пучков и др., 2014б, 2017). Разрез Криволукского района сопоставляют с Тирлянским разрезом (Сергеева, Пучков, 2022). В то же время в двух районах – Толпаровском и Криволукском – диамиктиты залегают на карбонатах укской свиты и перекрываются близкими по составу урюкскими (на западе БМА) и байназаровскими (на востоке) гравелито-песчаниками, что косвенно указывает на одновременность их образования. Однако корреляция отложений Толпаровского разреза с Криволукским затруднена, поскольку песчаники криволукской свиты в

стратиграфической шкале отнесены к верхнему рифею (Стратиграфические..., 1993). Цирконовые датировки аршинских вулканитов Тирлянского района, залегающих, как считается, стратиграфически выше укской свиты (Козлов, 1982; Козлов и др., 2011), оказываются существенно древнее глауконитовых датировок укской свиты в западной части БМА (Горожанин, Кутявин, 1986; Зайцева и др., 2008).

Мы полагаем, что указанные противоречия могут быть устранены при использовании литогенетического (литофациального) или формационного подхода, при котором основным корреляционным фактором является закономерность в осадочной последовательности генетически однотипных образований. Можно допустить, что мариногляциальные отложения западного и восточного крыльев БМА (Толпаровский и Криволукский разрезы), а также аршинские диамиктиты Тирлянского разреза образуют единый горизонт (рис. 2). В связи с этим принципиальная возможность корреляции пограничных рифейско-вендских отложений восточного и западного крыльев БМА нуждается в дополнительной аргументации. Эта цель, по нашему мнению, может быть достигнута уточнением литофациальной принадлежности пограничных отложений, распространенных на дискуссионном уровне во всех районах, где встречены диамиктиты, а также более детальным изучением аршиния, его стратификации и соотношения с подстилающими отложениями каратауской серии.

Рис. 2. Положение пограничных рифейско-вендских отложений (выделены цветом) в разных районах Башкирского мегантиклинория.

Некоторую помощь в этом могут также оказать изотопные датировки детритового циркона, которые для указанного дискуссионного уровня пока имеются только для песчаников толпаровской свиты. Кроме обычных архейско-раннепротерозойских и среднерифейских датировок, среди них присутствует кластер более молодых возрастов 889 ± 21 млн лет (Кузнецов и др., 2019).

ОСНОВНЫЕ ТИПЫ И ЛИТОФАЦИАЛЬНЫЕ ПРИЗНАКИ ДИАМИКТИТСОДЕРЖАЩИХ ОТЛОЖЕНИЙ ПОГРАНИЧНОГО РИФЕЙСКО- ВЕНДСКОГО УРОВНЯ

Толпаровский район

К пограничному рифейско-вендскому уровню, сопоставимому с бакеевским уровнем широтного течения р. Зилим (рис. 2), в этом районе относятся (снизу вверх): калыштинские конгломераты, толпаровские песчаники с диамиктитами, суировские

аргиллиты и алевролиты с прослоями диамиктитов, которые выполняют эрозионную впадину – палеодолину, врезанную в подстилающие отложения (Келлер и др., 1984; Горожанин, 1988; Пучков, 2010). В бортах указанной палеодолины установлены свиты верхнего рифея в диапазоне от катавской до укской свиты (Горожанин, 1988), а в карбонатах миньярской свиты наблюдаются признаки палеокарста (Горожанин и др., 2017). Выделенные здесь толпаровская и суировская свиты в ряде публикаций именуются бакеевской свитой, поскольку они, как и отложения этой свиты в типовом разрезе, расположенном в 20 км к юго-востоку, зажаты в узком стратиграфическом интервале между подстилающей укской и перекрывающей урюкской свитами. Толпаровские и суировские отложения имеют, однако, существенно иной литологический состав и значительно бóльшую мощность, достигающую, судя по оценке глубины врезания, 1000 м.

Литология этих толщ рассмотрена ранее (Горожанин и др., 2015, 2019). По мнению В.М. Горожанина с соавторами (2015), этот комплекс отложений составляет единую мариногляциальную серию (Горожанин и др., 2015), в которой аллювиальные кальштинские конгломераты последовательно сменяются песчаниками мелководного шельфа (нижняя часть толпаровской свиты), а затем песчаниками с большой долей диамиктитовых конгломератов, отложенных на более погруженной части шельфа (верхняя часть толпаровской свиты). Их сменяют более глубоководные глинисто-алевритовые осадки с прослоями диамиктитовых конгломератов суировской свиты. Периодический привнос грубого материала в тонкозернистые осадки сопровождался оползневыми процессами. Этот осадочный цикл или единая мариногляциальная серия заканчивается песчано-гравийными отложениями урюкской свиты, предположительно, подводно-дельтового генезиса. Они перекрываются вендской молассой (басинская, кукараукская и зиганская свиты) (Беккер, 1968).

Характерными чертами толпаровского разреза являются: 1) присутствие в нем диамиктитов различного типа – валунных, песчаных и глинистых; 2) наличие большого количества подводно-оползневых складок; 3) наличие признаков дизокисной и даже эвксинной обстановок, что выразилось в большом содержании рассеянной пиритовой минерализации. Пирит массово присутствует не только в темно-серых, почти черных аргиллитах и алевролитах суировской свиты, но и в толпаровских песчаниках, современный желтовато-коричневый цвет которых может быть связан с окислением конкреций пирита. Первичный же их цвет также был темно-серым.

Толпаровская свита сложена преимущественно песчаниками с редкими прослоями аргиллитов и также достаточно редкими прослоями конгломератов. Слой

диамиктитовых конгломератов с характерными разноразмерными включениями карбонатных пород располагается в средней части свиты; базальным же уровнем, выполняющим основание эрозионной впадины, являются маломощные (20–40 м) калыштинские конгломераты, обнаженные в 10 км севернее д. Толпарово, в устье р. Бол. Реват в районе бывшей д. Калышта (Горожанин, 1988). В конгломератах обнаружены крупные, размером до 50–60 см, неокатанные плитки подстилающих известняков катавской свиты с удлинением 1 : 10, что соответствует речному типу окатанности (рис. 3а), а также наблюдается наклонно-косое (черепитчатое) залегание галек, что свидетельствует об их отложении в однонаправленном потоке и в целом об их возможном аллювиальном характере.

Рис. 3. Сводный стратиграфический разрез и литофациальные особенности пограничных рифейско-вендских отложений в Толпаровском районе БМА.

Ранее эти конгломераты, так называемые калыштинские слои, считались принадлежащими урюкскому стратиграфическому уровню (Олли, 1948). Последующее картирование показало, что это не так: калыштинские конгломераты являются маломощным (20–40 м) базальным уровнем толпаровских песчаников в основании Толпаровской эрозионной впадины (Горожанин, 1988). Основная же масса толпаровских песчаников представляет собой мелководно-морские отложения, в которых хорошо выражена горизонтальная слоистость (рис. 3в), а также обнаружены двойные глинистые слойки (рис. 3г), которые считаются индикаторами накопления осадков в приливно-отливных обстановках (Smith, 1988; Mazumder, Arima, 2005; Donselaar, Geel, 2007). Литологические признаки мариногляциальных отложений наиболее ярко выражены в разрезе средней и верхней частей толпаровской свиты по р. Зилим у д. Толпарово (Горожанин и др., 2017б). Здесь видно, как на песчаниках с горизонтальной слоистостью, в которых отмечены двойные глинистые слойки приливно-отливного типа, залегает толща песчаных и валунных диамиктитов (рис. 3д). Между диамиктитами и мелководными тонкослоистыми песчаниками наблюдается 30-сантиметровый прослой аргиллитов, который, вероятно, свидетельствует об углублении шельфа и стабилизации условий осадконакопления. В самих же песчаных диамиктитах наблюдается подводно-оползневые деформации значительной амплитуды (рис. 3б); в перекрывающих песчаниках с горизонтальным типом слоистости иногда выражены каналы-промоины и наблюдается крупная волнообразная слоистость типа хаммоку (*chammosky*), что указывает на углубление бассейна до уровня воздействия только штормовых волн (до 100 м).

В целом для отложений толпаровской свиты, включая ее нижние калыштинские слои, наблюдается закономерная смена фаций от крайне мелководной морской или аллювиальной к сублиторальной с глубинами ниже базиса волновой активности. Начиная со средней части свиты, когда в ее составе появляются диамиктиты, отложения становятся гляциально-морскими. Их формирование происходило в условиях среднего и погруженного шельфа. В целом они соответствуют выделенным ранее толпаровской и суировской свитам, выполняющим эрозионную впадину, врезанную в верхнерифейские отложения (Келлер и др., 1984).

Суировская свита сложена тонкозернистыми породами – аргиллитами и алевролитами с редкими прослоями плитчатых песчаников, в которых отмечено повышенное содержание пирита (Горожанин и др., 2008). Преобладающая текстура в этих отложениях – горизонтальная слоистость (рис. 3ж). Накопление этих осадков происходило, по-видимому, на глубинах ниже базиса штормового волнения. В тонкозернистых породах наблюдаются также отдельные прослои более грубого слабоокатанного несортированного гравийного материала. Эти прослои расположены не случайным образом, а образуют пологие подводно-оползневые складки большой (до 100 м) протяженности (рис. 3з). В центральных частях некоторых складок оползания иногда наблюдаются каналы, заполненные еще более грубым галечно-валунным материалом с глинистым матриксом (рис. 3и). В разрезе по р. Мал. Толпар описан слой аналогичных несортированных валунно-галечных конгломератов с глинистым матриксом мощностью около 10 м (Келлер и др., 1984).

На наш взгляд, сочетание тонкозернистых осадков и грубого материала, структурированного в каналы и подводно-оползневые складки, указывает на достаточно большую крутизну склонов и рельеф, похожий на склоны подводных каньонов. Образование складок оползания было вызвано осаждением более грубого материала, возможно, при ледовом разносе.

Таким образом, суировская свита, как и подстилающая толпаровская, представляет собой, по-видимому, мариногляциальную осадочную последовательность. По сравнению с толпаровской свитой, она сложена тонкозернистыми, преимущественно глинистыми породами, формировавшимися в более глубоководных условиях; на алевроито-глинистую седиментацию “наложился” привнос диамиктитового материала. Обе свиты составляют единый трансгрессивный ряд, отражающий в формационном понимании естественно-исторический цикл осадконакопления, связанный с ледниковым событием. К каким гляциопериодам – Стерт или Марино – приурочено это событие, решить пока не

представляется возможным. Однако в любом случае эти две свиты должны рассматриваться в ранге одной толпаровско-суировской седиментационной серии.

Урюкская свита представлена сероцветными крупнозернистыми песчаниками с редкими прослоями гравелитов. В песчаниках наблюдается горизонтальная слоистость и большое количество подводно-оползневых структур (рис. 3к), включения литокластов и кристаллокластов – слабо выветрелых кристаллов полевых шпатов (рис. 3л). Такой набор литологических признаков указывает на обстановку подводного склона дельты, типичную для гляциоморенных отложений (Einsele, 2000). Фациальные условия образования урюкской свиты ранее трактовались как аллювиальные или мелководно-морские, пляжевые (Беккер, 1968, 1988); соответственно, предполагались стратиграфический перерыв и угловое несогласие с подстилающими комплексами рифея. Однако углового несогласия между этими стратиграфическими образованиями в Толпаровском районе не наблюдается, и, по аналогии с контактом бакеевских отложений с урюкскими в типовом разрезе приустьевой части р. Сарышка, где описан переход через переслаивание (Козлов, Горожанин, 1993), в Толпаровском разрезе следует ожидать такой же постепенный характер контакта. Литологические признаки, указывающие на обильный привнос окатанного аллювиального материала в глубокую часть дельты или фьорд, свидетельствуют о продолжении гляциоморенного осадконакопления в течение урюкского времени.

Криволукский район

Стратиграфия пограничного рифейско-вендского интервала в этом районе достаточно дискуссионна; она неоднократно пересматривалась из-за отсутствия возрастных датировок отложений и неопределенности нижней границы венда, а также, как отмечено выше, неясного стратиграфического положения криволукской свиты. Характер контакта этой свиты с карбонатами подстилающей уксской свиты также дискуссионен – он считается согласным с переслаиванием (Клочихин и др., 1969), эрозионным с прослоем конгломератов в основании (Сюндюков, Ревенко, 1972) или тектоническим (Стратотип..., 1983). В схеме корреляции отложений верхнего докембрия Южного Урала криволукская свита завершает рифейский цикл осадконакопления (Стратиграфические..., 1993), а разрез венда начинается с ледниково-диамиктитовой кургашлинской свиты, которая перекрывается гравелито-песчаниками байназаровской свиты. Последняя по литологическим признакам и петрографическому составу хорошо сопоставляется с урюкским стратиграфическим уровнем; поэтому если принять во

внимание некоторые детали строения и генезиса отложений, то для Криволукского района в целом намечается прямая аналогия с Толпаровским.

Криволукская свита. Литологические признаки, указывающие на обстановки накопления криволукской свиты, достаточно многочисленны. В разрезе Кривая Лука, где она представлена преимущественно чередованием тонкоплитчатых песчаников и глинистых сланцев (рис. 4в), для песчаников наиболее характерен горизонтальный тип слоистости, иногда деформированной (рис. 4г), с присутствием двойных глинистых слойков, что свидетельствует об осадконакоплении в мелководной приливно-отливной зоне терригенного шельфа. В расположенном к югу разрезе Апшак у д. Мурадымово свита представлена кварцитопесчаниками с горизонтальной и, местами, среднемасштабной разнонаправленной косой слоистостью (рис. 4б), что указывает на ту же мелководную прибрежно-морскую (баровые отмели) обстановку накопления осадков.

Рис. 4. Литофациальные особенности пограничных рифейско-вендских отложений в Криволукском районе БМА.

Кургашлинская свита. В кургашлинской свите, сложенной песчаниками, алевролитами и аргиллитами, литологические признаки мариногляциального седиментогенеза были установлены Н.М. Чумаковым (1978, 1998, 2015), а также дополнены нами. В песчаниках и алевролитах этой свиты можно видеть присутствие диамиктитов различного типа – валунных, песчаных, наличие дропстоунов (рис. 4е), ленточной слоистости (рис. 4ж) и большого количества подводно-оползневых деформаций (рис. 4з).

Байназаровская свита. В Криволукском грабене свита сложена песчаниками с прослоями гравелитов, алевролитов и аргиллитов. В разрезе свиты на г. Аратау у д. Мурадымово в качестве признаков мариногляциального генезиса отложений нами описаны дропстоуны, как в виде отдельных камней, так и их скоплений (рис. 4м). Также наблюдаются подводно-оползневые складки (рис. 4к), группирующиеся в целые горизонты, горизонтальная ленточная слоистость, переходящая вверх по разрезу в слоистость типа хаммоку (рис. 4л), что свидетельствует о достаточно глубоководных условиях седиментации (Горожанин, Канипова, 2017а).

Байназаровскую свиту ранее рассматривали в качестве восточного аналога урюкской свиты, т.е. для байназаровских песчаников, как и для урюкских отложений западной части БМА, предполагался аллювиальный или пляжевый генезис (Беккер, 1968). Описанные нами признаки – присутствие дропстоунов в породах с горизонтальной

слоистостью, наличие горизонтов подводно-оползневых складок в сочетании с крупнобугорчатой слоистостью хаммоку – позволяют отнести эти отложения, как и подстилающие кургашлинские, к мариногляциальному типу. Они формировались на погруженном участке шельфа, предположительно в условиях авандельты или фьорда с ярко выраженным штормовым воздействием, с большой долей окатанного аллювиального материала, вынесенного в передовую (глубокую) часть дельты. Например, на Шпицбергене в условиях современных арктических заливов фьордового типа осадки имеют горизонтально-зональное распределение. На литорали отлагается галечный материал с примесью разнозернистого песка, а ближе к оси залива накапливается алеврито-пелитовый материал с редкими включениями крупных зерен, попавших в осадок в результате ледового разноса. Четко выраженная слоистость отложений обусловлена действием различных факторов, основными из которых считаются повторяющиеся ураганные штормовые волнения (Мещеряков, 2017).

В целом в криволукско-кургашлинско-байназаровской осадочной последовательности Криволукского района можно выделить следующую смену фаций: мелководные прибрежно-морские отложения сменяются мариногляциальными – песчаными, глинистыми и песчано-гравелитовыми. В Криволукском разрезе, как и в Толпаровском, отчетливо проявлена аналогичная трансгрессивная смена фаций – от мелководного терригенного шельфа (криволукское время) к более глубоководному шельфу (кургашлинское время). Как и в Толпаровском разрезе, в средней части рассматриваемая последовательность нарушается резким поступлением ледникового материала. Таким образом, данная терригенная последовательность, начиная с кургашлинской свиты, также является мариногляциальной. Эта серия перекрывается байназаровскими гравелито-песчаниками авандельтового типа, в которых гляциальные признаки еще присутствуют, но уже в существенно меньшей степени. Вероятно, было бы правильным считать всю криволукско-кургашлинско-байназаровскую последовательность отложений единой серией, отражающей в формационном отношении ледниковый этап развития территории.

Тирлянский район

В Тирлянском районе диамиктитовые конгломераты, подобные тем, что описаны в Криволукском и Толпаровском районах, известны в составе аршинской свиты, было предложено перевести в ранг одноименной серии (аршинская серия или кратко – аршиний), завершающей разрез верхнего рифея (Козлов и др., 2011). Внутри аршиния был выделен ряд свит – байнасская, махмутовская, игонинская и шумская. Аршиний получил

возрастную характеристику в интервале 750–707 млн лет (Краснобаев и др., 2012), что существенно древнее датировки границы рифея и венда (600 млн лет), принятой в Стратиграфическом кодексе России (Стратиграфический..., 2006). Выделившие аршиний авторы считают, что отложения этого стратиграфического уровня ранее распространялись по всей территории БМА, но были уничтожены предвендским размывом (Сергеева, Пучков, 2022 и ссылки в этой работе). Образуют ли аршинские отложения самостоятельную свиту или целую серию свит – в настоящее время этот вопрос в большой степени дискуссионный; соответственно, и корреляция аршинских отложений с возможными аналогами в Толпаровском и Криволукском районах встречает определенные трудности. В настоящее время проблематичными являются (1) установление подстилающих для аршинской серии пород (укская, миньярская, арвякская, теронакская свиты), что затруднено высокой степенью тектонической дислоцированности отложений: аршиний, как стратиграфическая единица, располагается в двух структурно-тектонических зонах – Башкирском мегантиклинории и антиклинории хр. Уралтау, скоррелировать отложения которых на сегодняшний день сложно; 2) реконструкция обстановок накопления исходных осадков, что осложняется высокой степенью метаморфизма пород, приведшей к стиранию первичных литологических признаков; 3) точное определение мощностей свит, затруднительное из-за сильной тектонической дислоцированности.

Также недостаточно ясна стратиграфическая последовательность свит, выделенных В.И. Козловым с соавторами (2011) в составе аршинской серии. Мы полагаем, что имеются две отдельные последовательности – игонинско-шумская и байнаско-махмутовская, которые в едином разрезе не встречаются, а соотношение их между собой противоположно (рис. 5) тому, как это представлялось авторам выделения аршиния (Горожанин, 2023). В этой схеме игонинские вулканические образования залегают в основании разреза и развиты не повсеместно, а локально, что, вероятно, было связано с их приуроченностью к осевой части (?) грабена. Байнаско-махмутовская последовательность находится в верхней части разреза аршиния, залегая с размывом на бортовых частях Аршинского грабена. Основанием для таких представлений являются следующие факты.

Рис. 5. Схемы стратиграфических корреляций верхнерифейско-вендских отложений западного и восточного крыльев БМА: а – по (Стратиграфические..., 1993; Сергеева, Пучков, 2022), б – предлагаемая.

В разрезе Игонин камень по р. Арша вулканиты и их туфы, образующие довольно мощную толщу, находятся в основании видимого разреза аршинских отложений; определить ее мощность не представляется возможным из-за наличия складчатости и плохой обнаженности.

В разрезе по р. Тирлян у подножия г. Шум породы аршиния сильно метаморфизованы и тектонически дислоцированы. Имеются основания предполагать, что первичная природа полевошпат-хлорит-мусковитовых сланцев, залегающих в основании разреза, является вулканогенной или вулканогенно-осадочной; в них установлены крупные вкрапленники магнетита (Шефер и др., 1996). В диамиктитовых конгломератах, залегающих стратиграфически выше, все включения будинированы, сами породы кливажированы. В результате какие-либо первичные седиментационные текстуры, по которым можно реконструировать фациальные особенности, отсутствуют.

Рассмотрим некоторые литологические особенности аршинских отложений в разрезе Городской ключ, который находится в 4-х км выше д. Махмутово; в нем степень динамометаморфизма пород меньше, чем в разрезе по р. Тирлян. Здесь можно видеть залегание байнасско-махмутовских отложений с предполагаемым размывом, который фиксируется по небольшому слою мелкогалечных конгломератов (рис. 6б, 6в) выше карбонатных пород теронакской (бывшей арвякской) свиты, хотя, как показано выше, карбонаты в составе галек отсутствуют. Из-за метаморфизма и тектонической дислоцированности байнасских отложений, в которых наблюдаются складчатые структуры (рис. 6а), обнаружить какие-либо признаки, по которым можно было бы восстановить условия осадконакопления, не удастся. Можно лишь констатировать смешанный, вероятно песчано-глинистый, тип первичных осадков и наличие конгломератов. Отсутствие в составе галек конгломератов подстилающих карбонатных пород позволяет реконструировать лишь локальный одноактный привнос более грубого материала в песчано-глинистый осадок, а не размыв.

Рис. 6. Литологические особенности байнасско-махмутовской осадочной последовательности в разрезе по руч. Городской.

В вышележащей махмутовской свите, подошва которой проводится по хорошо выраженной пачке диамиктитовых конгломератов с обилием карбонатных обломков (рис. 6д, 6е), несмотря на тектоническую “раздавленность” и будинирование этих глыб и галек в конгломератах, само наличие диамиктитов с обилием карбонатных обломков позволяет соотнести их с аналогичными породами Толпаровского и Криволукского районов.

В песчаниках, залегающих выше диамиктитовых конгломератов, отмечаются редкие включения галек, горизонтальная, с двойными слойками слоистость (рис. бж), а также мелкомасштабная косая перекрестная слоистость (рис. бз), что указывает на то, что ледниковый материал продолжал поступать, хотя и в заметно меньшем количестве, в мелководную зону шельфа. Генетический тип отложений этого уровня, вероятно, близок к конгломератам, только отражает не катастрофическое, а более медленное поступление материала и его большую гидродинамическую “размытость”.

Таким образом, можно видеть вполне определенное сходство махмутовских диамиктитов с толпаровскими и криволукскими, которое заключается (1) в преобладании карбонатов в составе их обломков, что указывает на существование карбонатных бортов аршинского грабена, сложенного отложениями миньярской и, возможно, уксской свит; (2) в ассоциации с песчаниками, в которых угадываются элементы горизонтальной слоистости и двойных глинистых слойков, что указывает на морской характер осадконакопления в условиях приливно-отливной зоны. Поэтому эту диамиктитовую ассоциацию следует считать также мариногляциальной. Как и в районах Толпарово и Кривой Луки, цикл осадконакопления в Тирлянском районе начинается не с ледниковых диамиктитов, а с мелководных шельфовых отложений байнассской (=шумской) свиты. Отличие же состоит в том, что в песчаниках среди махмутовских диамиктитов наблюдается горизонтальная слоистость с признаками косой, указывающей на обстановку активного мелководья, а слои с признаками штормового воздействия, характерные для верхней части диамиктитовой последовательности, вероятно, не обнажены.

ОБСУЖДЕНИЕ

Литофациальные особенности пограничных рифейско-вендских отложений

Отложения стратиграфического уровня, пограничного между рифеем и вендом БМА, характеризуются следующими особенностями:

- 1) установленное или местами предполагаемое их залегание на подстилающих отложениях со стратиграфическим перерывом;
- 2) наличие единой трехчленной осадочной последовательности терригенных отложений, начинающейся с аллювиальных (?) и мелководно-морских осадков, на которые в какой-то момент “накладываются” мариногляциальные образования, и завершающейся более глубоководными отложениями с признаками штормового влияния;
- 3) трансгрессивный характер этой серии, связанный с углублением бассейна осадконакопления;

4) локальный характер проявления указанных трансгрессивных серий, которые либо заполняют впадины с эрозионными бортами (Толпаровский район), либо ограничены тектоническими нарушениями (Криволукский и Аршинский районы). На территориях вне таких депрессионных структур накапливались отложения конденсированного типа (бакеевская свита).

Наиболее отчетливо перечисленные черты проявлены в отложениях Толпаровского района, где толпаровско-суировско-урюкская последовательность представляет единую мариногляциальную седиментационную серию осадков одного трансгрессивного цикла, выполняющих эрозионную впадину (палеодолину) в мелководно-шельфовых отложениях верхнего рифея, что, вероятно, отражает затопление, наступившее после ледникового события (Горожанин, 1988, 2023). Та же осадочная последовательность криволукско-кургашлинско-байназаровской серии наблюдается в Криволукском грабене (Чумаков, 1998; Горожанин, Канипова, 2017а). Формационные ряды, то есть последовательная смена осадочных комплексов, в этих районах однотипны и достаточно очевидны.

В Тирлянском районе выделение подобной последовательности, входящей в состав аршинской серии (аршиния), неоднозначно и требует более подробного рассмотрения.

Аршиний: проблема выделения и возможности корреляции с разрезами западной части Башкирского мегантиклинория

В состав аршинской серии (аршиния), выделенной В.И. Козловым с соавторами (Козлов и др., 2011; Краснобаев и др., 2012), входят байнасская, махмутовская, игонинская и шумская свиты. По нашему мнению, лишь часть аршиния – байнаско-махмутовская последовательность – лучше коррелируется с западными районами. Вследствие этого возникает необходимость выделения в Тирлянском районе двух серий: игонинско-махмутовской, самостоятельной, развитой только в Тирлянском районе, и байнаско-махмутовской, которая вполне коррелируется с аналогичными отложениями более западных районов БМА (Горожанин, 2023). Однако эта схема не согласуется с имеющимся вариантом строения аршинской серии, в котором разрез начинается с байнаских отложений, а вулканиты помещены в ее среднюю часть (Козлов и др., 2011; Краснобаев и др., 2012 и др.).

Рассмотрим более подробно аргументацию в пользу предлагаемого альтернативного варианта, в котором вулканиты находятся в основании разреза, а диамиктиты – в верхней его части. Стратификация аршинских отложений – вопрос сложный, что связано с существенной тектонической нарушенностью разрезов и их

плохой обнаженностью, из-за чего выделить и проследить какие-либо маркирующие слои чрезвычайно трудно. Неслучайно по результатам геологического картирования различного масштаба, в том числе 1:50000, выполненного в этом районе в разные годы, такая стратификация не была проведена. Во всех отчетах по результатам геологосъемочных работ на территории Тирлянского района аршинская свита фигурирует как единое геологическое тело без подразделения на подсвиты.

Недостаточно ясны и взаимоотношения между свитами, выделенными в составе аршинской серии (Козлов и др., 2011; Краснобаев и др., 2012). Единого разреза серии не существует; в реальности имеются два отдельных типа разрезов: 1) “махмутовский” (по ручьям Городской и Теронакский), где обнажен двухчленный комплекс, состоящий из байнаасской песчано-сланцевой и махмутовской (с диамиктитам) свит; и 2) “игонинский” (по р. Арша и руч. Половинный), где обнажен также двухчленный комплекс, состоящий из вулканических пород игонинской свиты и песчаников шумской свиты. Совместно эти комплексы пород ни в одном разрезе не встречаются. Именно по этой причине при описании свит аршинской серии контакт между игонинскими вулканитами и махмутовскими тиллитами не охарактеризован (Сергеева, Пучков, 2022), а корреляция указанных комплексов из-за плохой обнаженности затруднена.

Необходимо отметить, что перевод аршинской свиты в ранг серии был проведен только после получения изотопных U–Pb датировок по циркону (Козлов и др., 2011; Краснобаев и др., 2012). При этом было сделано допущение о единой последовательности вулканитов и диамиктитов в разрезе, однако оно не было в достаточной степени аргументировано.

Для того, чтобы разобраться со стратиграфическим положением свит, выделенных в составе аршиния, и позицией их в различных разрезах Тирлянского района, необходимо остановиться на рассмотрении некоторых дискуссионных вопросов.

Неясным является положение вулканитов в разрезе и соотношение аршиния с отложениями укской свиты, рассматриваемой как подстилающая; имеются противоречия в изотопно-геохронологических данных для аршиния и укской свиты, а также в данных изотопно-стронциевой хемотратиграфии, полученных для укской свиты.

Положение вулканитов в разрезе аршинской серии. Распространение вулканитов игонинского комплекса (свиты) достаточно локально; породы с присущими излившимся вулканитам признаками – подушечными лавами, гиалокластитам, лавобрекчиями и т.п. – отчетливо наблюдаются только в двух точках – на р. Арша в районе г. Игонин камень и на г. Крутая, где могут быть выделены излившиеся и пирокластические фации – базальты, кластолавы, лавобрекчии, туфы. Эти точки (№№ 1 и

2 на геологической карте, рис. 7) располагаются в поле распространения аршинских отложений в основания свиты (серии). В разрезе по руч. Городской (точка 4) они отсутствуют, а на г. Мал. Баштур, где преобладают туфы и туфопесчаники (точка 3), из-за тектонической нарушенности положение их в разрезе серии недостаточно ясное.

Рис. 7. Ареалы распространения вулканитов и положение разрезов аршиния на геологической карте Тирлянского района БМА. Фрагмент Государственной геологической карты масштаба 1:200000, лист N-40-17 (Мосейчук и др., 2010, с изменениями).

В.А. Шефером с соавторами (1996) было показано, что в основании аршинской свиты в разрезе по р. Тирлян у подножия г. Шум в западной части Тирлянской структуры (точка 5 на рис. 7) присутствуют породы, содержащие, по всей видимости, примесь вулканокластического материала. Такое предположение основывалось на трассировании аномалий магнитного поля, косвенно свидетельствующих о наличии вулканитов, а также на находках крупных вкрапленников магнетита в этих “туффитах”, залегающих в основании аршинской свиты.

В целях поисков туффитов в аршинской свите нами проведено микроскопическое изучение нескольких образцов сланцев из этого разреза. Образцы отобраны в крайних западных выходах аршинской свиты, расположенных на левом берегу р. Тирлян (точка 5 на рис. 7). Породы здесь смяты в изоклинальные складки, разбиты кварцевыми и кварц-полевошпатовыми жилами и представлены метаморфитами – сланцами альбит-хлорит-мусковитового состава. Под микроскопом в шлифах наблюдаются пойкилопорфиробластовые структуры метаморфических сланцев. В серицитизированном матриксе, который имеет однонаправленную ориентировку, подчеркивающую вторичный кливаж пород, хорошо заметны сдвойникованные кристаллы альбита и олигоклаза (?) (углы погасания 10° – 15°). Они имеют сложную внутреннюю структуру из-за трещин первичного кливажа, ориентированных ортогонально к вторичному серициту, а также к многочисленным включениям участков того же плагиоклаза, ориентированных беспорядочно по отношению основных плоскостей погасания кристаллов (рис. 8а–8г). В кристаллах полевого шпата иногда видны зерна циркона, имеющие овальную форму (рис. 8д), а также остроугольные рогульки кварца (рис. 8е). По указанным признакам можно предположить вулканогенно-осадочную природу этих пород. Вероятно, это были кристаллокластические туфы.

Рис. 8. Фотографии шлифов метавулканитов игонинской свиты в разрезе по р. Тирлян у подножия г. Шум.

Таким образом, по данным В.А. Шефера с соавторами (1996) и нашим наблюдения, ареал распространения игонинских вулканитов, вероятно, несколько больше, чем указывалось авторами выделения аршиния.

При выделении игонинского комплекса вулканитов в отдельную свиту (Козлов и др., 2011) авторы не дали разъяснения, был ли он распространен по всей территории БМА или только в Тирлянском районе. Н.Д. Сергеева и В.Н. Пучков (2022) предположили, что аршинские вулканиты были распространены по всей территории БМА, но затем уничтожены предвендским размывом. С таким утверждением трудно согласиться. Во-первых, никаких данных о широкой распространенности вулканитов аршинского уровня по всей территории БМА нет. Во-вторых, как показано выше, под ашинской серией, широко распространенной по площади, в локальных структурах – Криволукской и Толпаровской – сохранились более древние отложения. В этих узких палеодолинах, прорезанных в отложениях верхнего рифея (от катавской свиты до уксской), как, например, в районе д. Толпарово, такие отложения могли бы сохраниться, но и там следов вулканизма не установлено. Если бы вулканиты, выделяемые в составе аршиния, залегали выше ледниково-диамиктитового горизонта, как считали В.И. Козлов с соавторами (2011), то вулканиты или их туфы имели бы шанс сохраниться от предтолпаровского размыва в эрозионных впадинах. Из этого можно заключить, что аршинские вулканиты изначально были распространены только в узких локальных структурах типа Игонинского грабена в Тирлянском районе.

Соотношение аршиния с подстилающими отложениями. Ледниковые отложения в аршинии диагностированы по диамиктитовым конгломератам: в них установлены гальки строматолитовых известняков, вследствие чего аршинские отложения традиционно коррелировали с аналогичными надминьярскими образованиями Криволукского района (Иванов, 1956; Келлер, 1966, 1983; Козлов, 1982). Этот факт ни у кого не вызывает разногласий. Положение аршиния относительно уксской свиты, также выделяемой в этом районе (Козлов, 1982), более неопределенное. С одной стороны, бурением вулканитов в составе аршинской свиты в районе хр. Большой Баштур установлено залегание их непосредственно на карбонатах миньярской свиты: картировочные скважины №№ 45 и 46, забуренные в полосе распространения аршинской свиты, вошли в миньярские известняки (Козлов, 1972). С другой стороны, исходя из находок микрофитоцитов IV комплекса в гальках аршинских диамиктитов, В.И. Козлов

(1982) полагал, что аршинская свита залегает выше укских карбонатов. В настоящее время стратиграфическая ценность микрофитоцитов полностью дезавуирована, однако из-за того, что карбонаты миньярской и укской свит практически не различимы, вопрос, на какой из этих свит залегают аршинские отложения, остается открытым.

Сами диамиктитовые конгломераты (махмутовская свита) стратиграфически непосредственно нигде не контактируют с миньярскими или укскими карбонатами; вероятно, они слагали борта Аршинского грабена. Контакты аршинской серии с верхним рифеем в центральной и западной частях Тирлянкой структуры нарушены позднепалеозойской тектоникой. Единственный контакт, который можно считать стратиграфическим, находится в основании байнасской свиты в разрезе по руч. Городской. Здесь маломощный слой мелкогалечных конгломератов байнасской свиты залегает на карбонатах, которые В.И. Козлов с соавторами (2011) считали арвякскими (теронакскими), а согласно данным последних геолого-съёмочных работ (Мосейчук и др., 2010) они принадлежат миньярской свите.

По данным геологической съёмки (Мосейчук и др., 2010), Тирлянский район имеет более сложное тектоническое строение, чем это считалось ранее. В Тирлянской мульде более древние толщи располагаются по ее периферии, а более молодые – ближе к центру, что и отражает в целом ее синклинальную структуру. Противоречия появляются, если вулканиты игонинского комплекса принять в качестве единого стратиграфического горизонта. Так, на р. Арша и на г. Крутая разрез аршинской серии начинается с игонинских вулканитов, тектонически контактирующих с укской свитой. На г. Мал. Баштур вулканиты показаны в средней части поля развития аршинской серии (рис. 7), что создает впечатление их нахождения в средней части разреза серии, в соответствии со схемой его расчленения (Козлов и др., 2011; Краснобаев и др., 2012). В северном обрамлении Тирлянской мульды, в отдельных участках (или блоках) к югу от д. Махмутово, так же как и в ее центральной части, аршинские породы со стратиграфическим перерывом перекрыты палеозойскими отложениями от ордовика до верхнего девона (рис. 7). На схемах распространения аршиния (Козлов и др., 2011; Краснобаев и др., 2012) эта северная часть не показана, так как оказывается за рамками геологической схемы района. Геологические данные показывают, что тектоническая структура Тирлянской мульды более сложная, возможно, обусловлена присдвиговыми деформациями. Положение вулканитов можно объяснить наличием антиклинальной складки, в ядре которой выходят вулканиты (нижняя часть аршиния), а в крыльях – верхняя часть аршиния с залегающими на нем отложениями палеозоя. Таким образом, и в

этой части Тирлянской структуры вулканиты также находятся не в средней или верхней части разреза, а в нижней, как и на р. Арша.

Анализ изотопных датировок глауконита укской свиты. В стратиграфических построениях, учитывающих новый стратон верхнего рифея, укская свита помещена стратиграфически ниже аршиния (Сергеева, Пучков, 2022; Пучков и др., 2023), из-за чего возникает определенное геохронологическое противоречие. Имеющиеся изотопные датировки глауконита, полученные Rb–Sr методом, укладываются в небольшой временной диапазон от 663 ± 9 млн лет (Зайцева и др., 2008) до 688 ± 10 млн лет (Горожанин, Кутявин, 1986). С другой стороны, с учетом вариаций цирконовых датировок вулканитов в диапазоне 762–707 млн лет аршиний оказывается древнее укских отложений. Авторы выделения аршиния глауконитовые датировки укской свиты считают “омоложенными” на 80–100 млн лет (Сергеева, Пучков, 2022; Пучков и др., 2023). Имеются также предположения о еще более древнем (порядка 800 млн лет) возрасте укских известняков (Маслов и др., 2019).

В этой связи необходимо отметить, что проблема омоложения изотопных датировок глауконитов из рифейского разреза БМА действительно существует, и ей уделялось достаточно много внимания (Фирсов, 1978; Горожанин, 1986а, 1986б; Ивановская, 1986; Семихатов и др., 1987; Ивановская и др., 2017). Было показано, в частности, что глауконит, как глинистый минерал осадочно-диагенетического генезиса, в течение последующей длительной геологической истории может подвергаться вторичным эпигенетическим воздействиям, приводящим к потере радиогенных изотопов и омоложению возраста. Это воздействие обычно сопровождается структурно-химической перестройкой минерала – потерей ионов железа вследствие замещения алюминием, что может быть диагностировано как обычным петрографическим методом, так и целым комплексом физико-химических методов: рентгеноструктурным, ИК-спектроскопией, мессбауэровской спектроскопией и др. Возникшую в эпигенетически измененных глауконитах кристаллохимическую неоднородность можно также обнаружить методом деления глауконитовых проб на плотностные (Кац, 1977) или электромагнитные (Горожанин, 1986а) фракции. Было предложено использовать эти методы сепарации для отделения наименее измененной части глауконитовых зерен в пробах и оценки степени общей измененности. Как показало изотопное датирование различных электромагнитных фракций глауконита одной пробы из инзерской свиты верхнего рифея, разница в возрасте между слабо- и сильноизмененными фракциями может достигать 140 млн лет (Горожанин, 1986а), что априори делало бессмысленным датирование неоднородного глауконита. Однако для проб укского и бакеевского стратиграфических уровней ситуация

оказалась иной. Массовое опробование всех глауконитовых уровней в рифейско-вендском разрезе БМА и оценка его сохранности с точки зрения развития эпигенетической неоднородности показали, что, при весьма большой неоднородности глауконитовых проб из различных свит в разрезе верхнего докембрия, критерию однородности отвечают глаукониты только этих двух уровней. По ним в последующем и были получены изотопные датировки Rb–Sr методом. При этом степень однородности (то есть, в общем случае, сохранности) укских глауконитов самая лучшая по сравнению с глауконитами других свит рифея. По этой причине для укских глауконитов нет оснований ожидать традиционного омоложения, столь характерного для глауконитов других свит. По двум пробам укской свиты, полностью соответствующим критерию однородности, были получены калий-аргоновые даты, изменяющиеся в очень узком временном диапазоне – 702–698 млн лет (Горожанин, 1986б).

Очевидно, что при строгом использовании критерия минералогической однородности и прочих критериев пригодности глауконита для целей геохронологии получение более или менее достоверных датировок глауконита в укской свите вполне достижимо, и изотопный возраст 700 млн лет уже вполне сопоставим с имеющимися цирконовыми датировками, которые варьируют в диапазоне 763–707 млн лет.

Авторы, выделившие аршиний (Козлов и др., 2011; Краснобаев и др., 2012; Сергеева, Пучков, 2022), фактически отрицают достоверность глауконитовых датировок и абсолютизируют цирконовые. Они полагают, что глауконит укской свиты сильно омоложен, и его датировки должны быть в диапазоне 770–750 млн лет; в то время как датировки глауконита бакеевской свиты, наоборот, по какой-то неизвестной причине удревлены; возраст бакеевской свиты, по их мнению, должен быть в рамках 600–570 млн лет с более вероятным сужением до 585–570 млн лет (Пучков, 2012). То есть возрастной диапазон между укскими и бакеевскими глауконитами достигает, по мнению этих исследователей, 200–180 млн лет, что превышает, например, длительность мезозоя. Между тем эти свиты во всех разрезах находятся в непосредственном соприкосновении и нигде не разделены другими отложениями. По нашему мнению, возрастные рамки глауконитовых датировок могут быть лишь немногим древнее, чем измеренные к настоящему времени: для бакеевской – 650 млн лет, а для укской – 710–700 млн лет, то есть промежуток времени между формированием названных свит (и, соответственно, между рифеем и вендом) вряд ли превышает 50 млн лет.

Отметим, что указанное выше противоречие фактически снимается, если считать, что укская свита и аршинский вулканизм фактически являются одновозрастными (что

подтверждается аномально низкими значениями первичного стронциевого отношения в известняках укской свиты).

Анализ U–Pb датировок циркона в вулканитах аршиния. При сравнительном анализе пограничных рифейско-вендских отложений из трех районов их распространения основным преимуществом Тирлянского района, где выделен аршиний, является его хорошая геохронологическая изученность по сравнению с другими районами, где датировки ограничиваются возрастными, полученными по глаукониту укской и бакеевской свит. Вулканиды игонинского комплекса датированы рубидий-стронциевым (Горожанин, 1998) и уран-свинцовым по циркону методами (Краснобаев и др., 2012). Авторы цирконовых датировок считают, что возрастные рамки аршиния ограничиваются временным интервалом 750–650 млн лет (Сергеева, Пучков, 2022 и ссылки там).

Конкордантные U–Pb датировки цирконов варьируют в диапазоне 763–707 млн лет (рис. 9). Большой разброс в датировках отдельных кристаллов показывает, что аршинское магматическое событие было не одноактным, а “растянутым” по времени на протяжении как минимум 50 млн лет.

Рис. 9. Датировки циркона из аршинских вулканитов (Краснобаев и др., 2012).

Опубликованные U–Pb данные для зерен циркона из аршинских вулканитов (Краснобаев и др., 2012) обнаруживают широкий разброс датировок. Для вулканитов из разреза г. Игонин камень, где магматизм проявлен наиболее полно, возрасты варьируют в диапазоне 539–434 млн лет, для разреза на г. Баштур составляют 762 млн лет и для разреза по руч. Половинный – 763–337 млн лет. Кроме того, в разных разрезах зерна циркона, датированные с точностью в первые млн лет, имеют возрастные диапазоны, не перекрывающиеся между собой (например, 707.0 ± 2.3 ; 732.1 ± 1.7 и 762.7 ± 4.2 млн лет). В результате авторы вынуждены проводить процедуру “рафинирования” (Краснобаев и др., 2012, с. 136), полагая возрасты 707 и 732 млн лет правильными, а датировки 762 и 757 млн лет не вписывающимися в принятую концепцию, то есть ксеногенными. Однако никаких доказательств ксеногенности зерен циркона с конкордантными возрастными $T_3 = 762.7 \pm 4.2$ млн лет (пробы №№ 92 и 63) не приведено. На катодолюминесцентных изображениях зерен циркона в них отсутствуют такие признаки, как морфологически выраженные ядра или участки, которые указывали бы на захват ксеногенного материала.

Из вышеперечисленного следует два вывода: 1) если принять к сведению, что все датировки достоверны (а сомневаться в их качестве нет оснований), то приходится констатировать, что вулканизм в аршинское время продолжался в течение достаточно

длительного времени – 56 млн лет (763–707 млн лет); 2) можно принять позицию авторов о том, что только датировки 732 и 707 млн лет отражают истинный возраст вулканитов, а более древняя дата относится к ксеногенным зернам циркона. Но морфологические особенности этих древних цирконов ничем не отличаются от цирконов с датировками 707 и 732 млн лет. Отсюда следует, что цирконовая геохронология аршинских вулканитов на сегодняшний день не может трактоваться однозначно.

Стронциево-изотопные данные в карбонатах укской свиты. В известняках укской свиты установлены аномально низкие значения отношения изотопов стронция $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (Кузнецов и др., 2006, 2018). Величина этого отношения опускается от среднего уровня 0.7080 в подстилающей миньярской свите до 0.7050 в укской. Причиной понижения обычно считается увеличение вклада ювенильного материала – вулканических пород, попадающих в зону размыва. В этой связи логично предположить понижение стронциевого отношения в известняках укской свиты вследствие синхронного или произошедшего несколько ранее аршинского (точнее, игонинского) вулканизма.

В обратном утверждении, что сначала произошло аномальное понижение отношения $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, а затем имел место аршинский вулканизм, причинно-следственные связи оказываются перепутанными, либо причины понижения этого отношения были какими-то другими.

Связь вулканизма и глауконитообразования. Геохимический аспект. Предположение о синхронности вулканизма и образования глауконита укской свиты мы проверили с помощью известных критериев, обычно используемых для диагностики удаленного влияния вулканизма на состав осадочных пород и обогащения их железом. В табл. 1 приведен химический состав песчаника нижеукской подсвиты с большим (около 60 об. %) содержанием глауконита, в котором, как можно ожидать, максимально проявлено влияние вулканизма. Расчет коэффициентов Страхова и Бострема, по которым в литохимических построениях оценивается влияние вулканизма на состав осадочной породы (Юдович, Кетрис, 2010 и др.), приводит к значениям 22.8 для коэффициента Страхова и 0.4 для коэффициента Бострема, что указывает на то, что в бассейне осадконакопления раннеукского времени заметно ощущалось влияние вулканизма. В связи с этим следует отметить, что в нижеукских отложениях в пределах Алатауского антиклинория западной части БМА встречаются отдельные прослои практически мономинеральных глауконититов, которые, возможно, являются бывшими пепловыми (?) горизонтами, по которым прошло максимальное глауконитообразование. В качестве одного из возможных механизмов глауконитообразования исследователями предлагается

выпадение смектит-иллитовых глобул из кремнисто-железистого геля, образующегося при растворении вулканических стекол.

Таблица 1. Химический состав (мас. %) глауконитового песчаника укской свиты

SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	Ппп	Сумма
74	—	6.5	4.28	1.6	—	3	1.4	0.07	3.7	—	4.76	99.31

Примечание. Анализ выполнен в ИГ УФИЦ РАН методом РФА на спектрометре X-Calibur (Xenometrix, Ltd, Израиль), аналитик В.Ф. Юлдашбаева. (—) не установлено.

Связь эпох глауконитообразования с вулканизмом подмечена многими исследователями. Например, для более молодых, хорошо изученных уровней распространения глауконита, таких как верхний мел и эоцен на Русской платформе, она установлена вполне определенно (Муравьев, 1983). Положительная связь между образованием глауконита (селадонита) и вулканизмом отмечалась также в базальтах Японского моря (Липкина, 1980; Липкина и др., 1987; Лисицына, Бутузова, 1981; Коссовская и др., 1984), в Кипчакском “грабене” Камско-Бельского авлакогена, где в локальной структуре выделены отложения нижнего венда (Козлов и др., 2004), в которых по селадониту – продукту преобразования субщелочных вулканитов – получена приблизительная оценка радиометрического возраста 730 млн лет (Горожанин, 2009). Такая близость геохронологических датировок вряд ли является случайной.

Влияние вулканизма на состав песчаников укской свиты. Недавними исследованиями установлено необычно высокое содержание калиевых полевых шпатов в терригенной части укской свиты, где о присутствии аркозовых песчаников ранее не было известно; в ряде образцов суммарное содержание калиевых полевых шпатов и плагиоклазов достигает 50% от всей аллотигенной составляющей (Дуб, 2021, 2024). Такие количества установлены по рентгеновским данным, а при микроскопическом изучении в шлифах этот факт ранее не был отмечен. С.А. Дуб объясняет такое количество полевых шпатов глобальными причинами – коллизией террейна Западно-Африканского кратона в составе Родинии с Балтикой в ходе гренвильской орогении (Li et al., 2023; Dutkiewicz et al., 2024), однако на Южном Урале таким источником вполне могли быть также гранитные массивы типа Барангуловского или Мазаринского. По нашему мнению, часть полевых шпатов в составе терригенной кластики укской свиты могла сформироваться по вулканическому субстрату аршинского туфового материала. Подобные примеры образования калиевых полевых шпатов из полевошпатовой пирокластики приведены в

обзорной работе (Юдович, Кетрис, 2010) для пород нижнего палеозоя в Аппалачах и для верхнекембрийских карбонатов свиты Франкония (шт. Миннесота) и толщи Дэвис (шт. Миссури, США). Причем причина высоких содержаний шпатов в терригенных породах становится понятна только после обнаружения идиоморфных кристаллов в карбонатах, которые сформировались при диагенезе из кислого вулканического стекла.

Предлагаемый вариант стратификации аршинских отложений. Перечисленные выше проблемы соотношения аршиния и укской свиты, а также нестыковки геохронологических датировок по этим подразделениям можно решить, по нашему мнению, уточнением стратификации осадочных комплексов внутри аршинской серии. Предлагаемый подход состоит в использовании не традиционной послойно-последовательной стратификации, а модели грабена, который заполнялся на достаточно ограниченной территории по типу стратиграфического прилегания (рис. 10).

Рис. 10. Модель соотношения стратиграфических подразделений рифейско-вендского (?) уровня в Тирлянском районе БМА.

Согласно предлагаемой модели, объем аршиния ограничивается только вулканитами (в объеме игонинской свиты), которые сформировались в относительно узком грабен-рифте, врезанном в карбонатные отложения миньярской свиты. Возможно, заложение грабена происходило в зоне фациального перехода, который сейчас ограничен разными структурами – Башкирским мегантиклинорием и антиклинорием хр. Уралтау, где состав карбонатных отложений этого уровня несколько различается. В более восточной, Уралтауской части, он существенно более терригенный (теронакская свита). В отложениях укской свиты, формировавшейся на бортах грабена, влияние синхронного или несколько более раннего игонинского вулканизма отразилось в образовании глауконита в отложениях нижней терригенной части укской свиты и в понижении изотопно-стронциевого отношения в ее верхней карбонатной части.

Залегание кварцитопесчаников шумской подсвиты на вулканитах игонинской подсвиты является достоверным фактом; вполне вероятно, что они образуют с ними единую серию, так как контакт между ними резкий, хотя и без признаков размыва. Соотношения этой серии с байнаско-махмутовской последовательностью недостаточно ясные, однако есть основания полагать, что шумские песчаники и байнаские аригиллиты, алевролиты и песчаники, которые сейчас представлены хлорит-серицитовыми сланцами с прослоями кварцитопесчаников, являются фациальными аналогами. До проведения специальных исследований доказательств этому предположению нет, однако имеются

аналоги, присутствующие на этом же стратиграфическом уровне. Например, в типовом разрезе Кривая Лука криволукская свита представлена преимущественно переслаиванием глинистых сланцев с тонкоплитчатыми песчаниками, а в разрезе Апшак по р. Белая, расположенном в 8 км южнее, – мощной толщей кварцитопесчаников (Стратотип..., 1983). Аналогичный пример можно видеть в палеозойском разрезе Актаныш-Чишминского прогиба Камско-Кинельской системы, который на западном крыле БМА выделен под названием Инзеро-Усольский прогиб. Заполняющие его нижнекаменноугольные отложения – алатауская свита – испытывают быстрые фациальные замещения от глинистых карбонатов и аргиллитов в районе Табынского месторождения нефти до массивных кварцевых песчаников в бассейне р. Зилим.

Эти примеры показывают, что в условиях узких грабенов фациальное замещение песчанисто-глинистой толщи байнассской свиты песчаниками шумской свиты осуществляется на коротком расстоянии. По этой причине такой фациальный переход возможен и для “шумско-байнассского” уровня Тирлянского района БМА. В перекрывающей байнассскую свиту толще песчано-валунных диамиктитов (махмутовская свита) фациальных замещений уже нет, так как накопление мариногляциальных отложений было связано с более общими глобальными событиями.

К сожалению, из-за предордовикского размыва в Тирлянском районе отсутствуют аналоги урюкской или байназаровской свиты Толпаровского и Криволукского районов, поэтому корреляция верхней части аршинской серии Тирлянского района (в понимании авторов, ее выделивших) затруднительна.

Стратиграфическая позиция мариногляциальных отложений БМА

Мариногляциальный уровень, пограничный между рифеем и вендом, прослеживается в трех разных районах БМА – в западном, восточном и северо-восточном обрамлении, что свидетельствует о его широком распространении; соответственно, он может быть включен в стратиграфическую шкалу верхнего докембрия Южного Урала.

Существование аршиния как стратиграфического подразделения при этом не отрицается, изменяется только последовательность свит в этой серии, отвечающая этапу раскрытия рифта с вулканизмом в основании. Аршинский вулканизм проявился очень локально, что аналогично ситуации в Кваркушско-Каменногорском антиклинории на Среднем Урале. Вулканиты там не образуют стратиграфически выдержанных на большой площади горизонтов, проявлены в локальных точках, что характерно для рифтогенных комплексов (Аблизин и др., 1982; Пучков, 2010).

Для стратиграфической шкалы верхнего докембрия Южного Урала целесообразно выделять вулканогенный аршиний в объеме игонинской свиты, как образования стадии раскрытия позднерифейского палеорифта, а мариногляциальные отложения нижневендского уровня рассматривать как отдельную серию, перекрытую верхневендской ашинской молассой.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате литофациальных исследований и анализа имеющейся геологической информации проведена корреляции пограничных рифейско-вендских отложений, распространенных в трех районах (Толпаровском, Криволукском и Тирлянском) на Южном Урале.

В Толпаровском и Криволукском районах эти отложения разделяются на три толщи, образующие трансгрессивную литофациальную последовательность. Слоистые песчано-глинистые мелководно-морские осадочные породы (песчаники и алевролиты нижней части толпаровской свиты и криволукской свиты) сменяются терригенной толщей с брекчиями мариногляциального генезиса (толпаровской-суировской и кургашлинской свит) и перекрываются более глубоководными песчано-глинистыми отложениями, формировавшимися в условиях грабена или фьорда (урюкская свита) или с признаками штормового воздействия (отложения байназаровской свиты). Литофациально сходное трехчленное строение этих отложений позволяет коррелировать их с большей уверенностью.

Для Тирлянского района предложена новая схема последовательности свит, составляющих недавно выделенную аршинскую серию, при этом снимается резкое противоречие геохронологических данных по изотопным датировкам глауконита укской свиты и аршинских вулканитов, и изотопные датировки вулканитов укладываются в предлагаемую стратиграфическую схему. В основании серии залегают вулканиты игонинской свиты, отражающие стадию рифтогенеза. Стратиграфически выше располагаются песчано-глинистые отложения байназской свиты (и ее предполагаемого фациального аналога – шумской свиты), формировавшиеся в условиях подвижного мелководья; они сопоставимы с отложениями, подстилающими диамиктиты в Толпаровском и Криволукском районах. Верхняя часть разреза представлена гляцио-диамиктитовыми конгломератами махмутовской свиты. При таком варианте интерпретации положения свит аршинской серии, единый мариногляциальный уровень, пограничный между рифеем и вендом, прослеживается на территории БМА в западном и

восточном обрамлении; соответственно, он может быть включен в стратиграфическую шкалу верхнего докембрия Южного Урала.

Благодарности. Выражаю искреннюю признательность рецензенту за конструктивную критику и ценные советы, позволившие улучшить качество рукописи.

Источники финансирования. Работа выполнена в соответствии с планами научно-исследовательских работ по теме госзадания FMRS-2025-0016 (ИГ УФИЦ РАН).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Аблизин Б.Д., Ключина М.Л., Курбацкий А.М., Курбацкая Ф.А. Верхний рифей и венд западного склона Урала. М.: Наука, 1982. 187 с.

Беккер Ю.Р. Возраст и последовательность напластования отложений верхней части каратауской серии Южного Урала // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1961. № 9. С. 49–60.

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.

Беккер Ю.Р. Молассы докембрия. Л.: Недра, 1988. 288 с.

Гарань М.И. Возраст и условия образования древних свит западного склона Южного Урала. М.: Госгеолтехиздат, 1946. 51 с.

Гарань М.И. Западный склон и центральная зона Южного Урала // Стратиграфия СССР. Т. 2. Верхний докембрий. М.: Госгеолтехиздат, 1963. С. 114–161.

Гилева Н.П. Условия образования ашинских отложений западной и центральной зон Южного Урала // Палеогеография Урала. Свердловск: УФ АН СССР, 1965. С. 63–74.

Горожанин В.М. Использование магнитной неоднородности глауконита при выборе проб для изотопного датирования // Минералогия, геохимия и генезис полезных ископаемых Южного Урала. Уфа: БФАН СССР, 1986а. С. 99–105.

Горожанин В.М. Минералогические особенности глауконита укской свиты // Стратиграфия, литология, геохимия верхнего докембрия Южного Урала и Приуралья. Уфа: БФАН СССР, 1986б. С. 59–65.

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. Геохронология нижнего венда Южного Урала // Стратиграфия верхнего протерозоя СССР (рифей и венд): Тез. докл. II Всесоюз. совещания “Общие вопросы расчленения докембрия СССР”. Уфа: ИГ БФАН СССР, 1990. С. 51–52.

Горожанин В.М. Rb–Sr данные по вулканитам аршинской свиты (Южный Урал) // Ежегодник-1996. Уфа: ИГ УНЦ РАН, 1998. С. 175–178.

Горожанин В.М. Rb–Sr датирование неопротерозойских вулканитов по поствулканическому селадониту: скв. Кипчак 1, Серноводско-Абдулинский авлакоген // Материалы IV Всеросс. конф. по изотопной геохронологии “Изотопные системы и время геологических процессов”. СПб.: ИГГД РАН, 2009. С. 145–147.

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. СПб.: Свое издательство, 2021. С. 39–41.

Горожанин В.М. Пограничный рифей-вендский уровень на Южном Урале: литолого-формационный и генетический подход к корреляции отложений восточного и западного склона Башкирского мегантиклинория // Материалы VIII Российской конференции по проблемам геологии докембрия “Стратиграфия докембрия: проблемы и пути решения”. СПб.: ИГГД РАН, 2023. С. 49–52.

Горожанин В.М., Канипова З.А. Литологические индикаторы марино-гляциального генезиса отложений байназаровской свиты венда (Криволукский грабен Башкирского мегантиклинория, Южный Урал). Геол. сборник № 13. Информационные материалы / ИГ УНЦ РАН [Электронный ресурс]. СПб.: Свое издательство, 2017а. С. 34–43.

http://ig.ufaras.ru/File/E2017/Sbornik_13_IG_USC_RAS.pdf

Горожанин В.М., Канипова З.А. Подводно-оползневые горизонты в марино-гляциальных отложениях толпаровской свиты неопротерозоя (Южный Урал) Геол. сборник № 14. Информационные материалы / ИГ УНЦ РАН. СПб.: Свое издательство, 2017б. С. 3–11.

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

Горожанин В.М., Мичурин С.В., Кулешов В.Н. Изотопные метки в неопротерозойских тиллитах (толпаровский разрез Южного Урала) // Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана, Урала и сопредельных территорий. Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2008. С. 195–197.

Горожанин В.М., Мичурин С.В., Канипова А.А., Биктимерова З.Р. Литологические особенности диамиктитов на границе рифея и венда в разрезе Толпарово (Южный Урал) // Геол. сборник № 12. Информационные материалы / ИГ УНЦ РАН. СПб.: Свое издательство, 2015. С. 23–34.

Горожанин В.М., Мичурин С.В., Канипова З.А., Биктимерова З.Р. Палеокарст в Толпаровском разрезе верхнего докембрия, Южный Урал // Геол. сборник № 13. Информационные материалы / ИГ УНЦ РАН. СПб.: Свое издательство, 2017. С. 176–185.

Горожанин В.М., Мичурин С.В., Войкина З.А., Шарипова А.А., Биктимерова З.Р., Султанова А.Г. Мариногляциальные отложения в Толпаровском разрезе верхнего докембрия (реки Зилим и Малый Толпар) // Геол. вестник. 2019. № 3. С. 69–92.

Горяинова О.И., Фалькова Э.А. Древние свиты западного склона Южного Урала // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 1937. Т. 15. Вып. 3. С. 242–274.

Домрачев С.М. Девон хр. Каратау и прилегающих районов Южного Урала // Тр. ВНИГРИ. Нов. сер. 1952. Вып. 61. 162 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.

Дуб С.А. Минеральный состав алевроито-песчаных пород укской свиты верхнего рифея Южного Урала в стратотипическом разрезе (р. Юрюзань) // Минералы и минералообразование в природных и техногенных процессах. Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием. Уфа, 24–27 сентября 2024 г. [Электронный ресурс]. М.: Перо, 2024. С. 22–25.

Зайцева Т.С., Горохов И.М., Ивановская Т.А., Семихатов М.А., Кузнецов А.Б., Мельников Н.Н., Аракелянц М.М., Яковлева О.В. Мессбауэровские характеристики, минералогия и изотопный возраст (Rb–Sr, K–Ar) верхнерифейских глауконитов укской свиты Южного Урала // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2008. Т. 16. № 3. С. 3–25.

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

Иванов А.И. Древние “немые” свиты Южного Урала // Сопровождение по унификации стратиграфических схем Урала и соотношению древних свит Урала и Русской платформы. Тезисы докладов. Ленинград, 1956. С. 57–59.

Ивановская Т.А. Минералогия диоктаэдрических слюд группы глауконита из разновозрастных осадочных образований. Дисс. ... канд. геол.-мин. наук. М.: МГУ, 1986. 18 с.

Ивановская Т.А., Звягина Б.Б., Зайцева Т.С. Вторичные изменения глобулярных и пластинчатых слоистых силикатов глауконит-иллитового ряда в докембрийских и венд-кембрийских отложениях // Литология и полезн. ископаемые. 2017. № 5. С. 420–444.

Кац М.Я. Анализ гетерогенности минералов // Труды ГИН АН СССР. 1977. Вып. 306. 156 с.

Кац Ш.Н., Генина Л.А. Региональный метаморфизм горных пород Центрально-Уральского поднятия в пределах Башкирии Магматизм, метаморфизм, металлогения западного склона Урала. Уфа: БФАН СССР, 1976. С. 43–51.

Келлер Б.М. Вендский комплекс Урала // Сов. геология. 1966. № 5. С. 58–69.

Келлер Б.М. Системы верхнего докембрия // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1983. № 12. С. 54–67.

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.

Клочихин А.В., Романов В.А., Радченко В.В., Михайлов П.Н. К вопросу о стратиграфическом расчленении и корреляции доордовикских отложений Авзянского района Южного Урала // Вопросы геологии восточной окраины Русской платформы и Южного Урала. Уфа: БФАН СССР, 1969. Вып. 9. С. 18–27.

Клюжина М.Л. Вендская система Урала. Препринт. Свердловск: УрО АН СССР, 1991. 60 с.

Козлов В.И. Верхний рифей и венд Южного Урала. М.: Наука, 1982. 128 с.

Козлов В.И. К вопросу о соотношении Башкирского мегантиклинория и антиклинория хр. Уралтау на Южном Урале // Тектонические структуры Южного Урала и история их формирования. Уфа: БФАН СССР, 1972. С. 52–62.

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., Сергеева Н.Д., Генина Л.А., Михайлов П.Н. Аналогии отложений нижнего венда на западе Башкортостана // Геол. сборник № 4. Информационные материалы / ИГ УНЦ РАН. Уфа, 2004. С. 71–76.

Козлов В.И., Пучков В.Н., Краснобаев А.А., Нехорошева А.Г., Бушарина С.В. Аршиний – новый стратон рифея в стратотипических разрезах Южного Урала // Геол. сборник № 9. Информационные материалы / ИГ УНЦ РАН. Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2011. С. 52–56.

Коссовская А.Г., Петрова В.В., Калеба К.Г. Парагенезы селадонит-глауконитовых минералов и кристобалита в преобразованных океанических базальтах (на примере скв. 407) // Литология и полезн. ископаемые. 1984. № 4. С. 63–84.

Краснобаев А.А., Козлов В.И., Пучков В.Н., Ларионов А.Н., Нехорошева А.Г., Бережная Н.Г. Полигенно-полихронная цирконология и проблема возраста Барангуловского габбро-гранитного комплекса // Докл. АН. 2007. Т. 416. № 2. С. 241–246.

Краснобаев А.А., Козлов В.И., Пучков В.Н., Сергеева Н.Д., Бушарина С.В. Новые данные по цирконовой геохронологии аршинских вулканитов (Южный Урал) // Литосфера. 2012. № 4. С. 127–140.

Кузнецов А.Б., Семихатов М.А., Маслов А.В., Горохов И.М., Прасолов Э.М., Крупенин М.Т., Кислова И.В. Sr- и С-изотопная хемотратиграфия типового разреза верхнего рифея (Южный Урал): новые данные // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2006. Т. 14. № 6. С. 25–53.

Кузнецов А.Б., Семихатов М.А., Горохов И.М. Стронциевая изотопная хемотратиграфия: основы метода и его современное состояние // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2018. Т. 26. № 4. С. 3–23.

Кузнецов Н.Б., Романюк Т.В., Маслов А.В., Горожанин В.М., Горожанина Е.Н., Каньгина Н.А., Дубенский А.С., Белоусова Е.А. Первые результаты U/Pb датирования детритовых цирконов из песчаников верхневендской бакеевской свиты Башкирского поднятия (Южный Урал) // Проблемы тектоники континентов и океанов. Материалы LI Тектонического совещания 29 января–2 февраля 2019 г. М.: ГЕОС, 2019. Т. 1. С. 305–310.

Липкина М.И. Глауконит – продукт подводного вулканизма // Литология и полезн. ископаемые. 1980. № 4. С. 44–54.

Липкина М.И., Дриц В.А., Ципурский С.И., Устинов В.И., Стрижев В.П., Якушева И.Н., Черкашин В.И. Высокожелезистые диоктаэдрические слоистые силикаты из гидротермальных пород и осадков вулканических построек Японского моря // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1987. № 10. С. 92–111.

Лисицына Н.А., Бутузова Г.Ю. К вопросу о генезисе океанических глауконитов // Литология и полезн. ископаемые. 1981. № 5. С. 91–97.

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

Маслов А.В. Некоторые особенности ранневендской седиментации на Южном и Среднем Урале // Литология и полезн. ископаемые. 2000. № 6. С. 624–639.

Маслов А.В., Меерт Дж., Левашова Н.М., Ронкин Ю.Л., Гражданкин Д.В., Кузнецов Н.Б., Крупенин М.Т., Федорова Н.М., Ипатьева И.С. Новые данные о возрасте ледниковых отложений венда Среднего Урала // Докл. АН. 2013. Т. 449. № 3. С. 322–327.

Маслов А.В., Ковалев С.Г., Пучков В.Н., Сергеева Н.Д. Аршинская серия рифея Южного Урала: к вопросу о геодинамической природе породных ассоциаций // Докл. АН. 2018. Т. 480. № 1. С. 64–68.

Маслов А.В., Гражданкин Д.В., Дуб С.А., Мельник Д.С., Парфенова Т.М., Колесников А.В., Чередниченко Н.В., Киселева Д.В. Укская свита верхнего рифея Южного Урала: седиментология и геохимия (первые результаты исследований) // Литосфера. 2019. Т. 19. № 5. С. 659–686. <https://doi.org/10.24930/1681-9004-2019-19-5-659-686>.

Мещеряков Н.И. Особенности седиментогенеза в заливе Грен-фьорд (Западный Шпицберген) // Вестник МГУ. 2017. Т. 20. № 1/2. С. 272–279.

Младиших С.В., Ключина М.Л., Аблизин Б.Д. Корреляция терригенных отложений вендомия западного склона Южного и Среднего Урала // Докембрий и нижний палеозой Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1978. С. 13–29.

Мосейчук В.М., Яркова А.В., Шалагинов А.Э., Коллегов А.К., Кашина Л.В., Рябухина М.Ю., Сапельцева Ю.А. Государственная геологическая карта Российской Федерации м-ба 200 000. Издание второе. Ред. Пучков В.Н. Лист N-40 XVII (Тирлянский). Объяснительная записка. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2010. 337 с.

Муравьев В. И. Минеральные парагенезы глауконитово-кремнистых формаций. М.: Наука, 1983. 208 с. (Тр. ГИН АН СССР. Вып. 360).

Олли А.И. Древние отложения западного склона Урала. Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 1948. 407 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. Материалы IX Межрегиональной научно-практической конференции. Уфа: ДизайнПресс, 2012. С. 47–51.

Пучков В.Н., Краснобаев А.А., Козлов В.И., Матуков Д.И., Нехорошева А.Г., Лепехина Е.Н., Сергеев С.А. Предварительные данные о возрастных рубежах нео- и мезопротерозоя Южного Урала в свете новых U–Pb датировок // Геол. сборник № 6. Информационные материалы / ИГ УНЦ РАН. Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2007. С. 3.

Пучков В.Н., Сергеева Н.Д., Краснобаев А.А. Пограничные стратона рифея и венда на Южном Урале. Дополнения и изменения в региональную стратиграфическую схему // Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана, Урала и сопредельных территорий. Материалы X Межрегиональной научно-практической конференции. Уфа: ДизайнПресс, 2014а. С. 77–87.

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

Пучков В.Н., Сергеева Н.Д., Краснобаев А.А. Стратиграфическая схема стратотипа рифея Южного Урала // Геология. Изв. Отделения наук о Земле и природных ресурсов АН РБ. 2017. № 23. С. 3–26.

Пучков В.Н., Сергеева Н.Д., Дьякова С.А. Аршиний (аршинская серия) – новый стратон рифея на Южном Урале // Материалы VIII Российской конференции по проблемам геологии докембрия “Стратиграфия докембрия: проблемы и пути решения”. СПб.: ИГГД РАН, 2023. С. 126–128.

Семихатов М.А., Горохов И.М., Ивановская Т.А., Рублев А.Г., Кутявин Э.П., Яковлева О.В., Бизунок М.Б. Rb–Sr и K–Ar возраст глобулярных слоистых силикатов рифея и кембрия СССР: материалы к оценке геохронометра // Литология и полезн. ископаемые. 1987. № 5. С. 78–96.

Семихатов М.А., Шуркин К.А., Аксенов Е.М., Беккер Ю.Р., Бибикова Е.В., Дук В.Л., Есипчук К.Е., Карсаков Л.П., Киселев В.В., Козлов В.И., Лобач-Жученко С.Б., Негруца В.З., Робонен В.И., Сезько А.И., Филатова Л.И., Хоментовский В.В., Шемякин В.М., Шульдинер В.И. Новая стратиграфическая шкала докембрия СССР // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1991. № 8. С. 3–14.

Семихатов М.А., Кузнецов А.Б., Чумаков Н.М. Изотопный возраст границ общих стратиграфических подразделений верхнего протерозоя (рифея и венда) России: эволюция взглядов и современная оценка // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2015. Т. 23. № 6. С. 16–27.

Сергеева Н.Д., Пучков В.Н. Региональная стратиграфическая схема отложений верхнего и завершающего рифея и венда Южного Урала (ПРОЕКТ 2022) // Геол. вестник. 2022. № 2. С. 3–14.

Стратиграфические схемы Урала (докембрий, палеозой). Екатеринбург, 1993. 151 схема.

Стратиграфический кодекс России. СПб.: ВСЕГЕИ, 2006. 96 с.

Стратотип рифея. Стратиграфия. Геохронология. Отв. ред. Келлер Б.М., Чумаков Н.М. М.: Наука, 1983. 184 с.

Сюндюков А.З., Ревенко Э.А. О стратиграфическом положении укской свиты западного склона Южного Урала // Вопросы геологии восточной окраины Русской платформы и Южного Урала. Вып. 16. Стратиграфия и палеонтология докембрия и палеозоя Южного Урала и Приуралья. Уфа: БФАН СССР, 1972. С. 11–16.

Фирсов Л.В. Примеры неоднозначного датирования глауконита из нижнего кембрия // Геология и геофизика. 1978. № 4. С. 24–30.

Чумаков Н.М. Докембрийские тиллиты и тиллоиды. М.: Наука, 1978. 202 с.

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. Оледенения Земли: история, стратиграфическое значение и роль в биосфере. М.: ГЕОС, 2015. 160 с.

Шатский Н.С. Очерки тектоники Волго-Уральской нефтеносной области и смежной части западного склона Южного Урала. Материалы к познанию геологического строения СССР. М.: Изд-во МОИП, 1945. 131 с.

Шефер В.А., Кочергин А.В., Сонко Л.Н. О распространении вулканитов игонинского комплекса. Ежегодник-1995. Информационные материалы / УНЦ РАН. 1996. С. 149–150.

Юдович Я.З., Кетрис М.П. Геохимические и минералогические индикаторы вулканогенных продуктов в осадочных толщах. Екатеринбург: УрО РАН, 2010. 412 с.

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.

Dutkiewicz A., Merdith A.S., Collins A.S., Mather B., Ilano L., Zahirovic S., Müller R.D. Duration of Sturtian “Snowball Earth” glaciation linked to exceptionally low mid-ocean ridge outgassing // Geology. 2024. V. 52. P. 292–296.

Einsele G. Sedimentary Basins: Evolution, Facies, and Sediment Budgets. Heidelberg: Springer-Verlag, 2000. 792 p. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-04029-4>

Li Z.-X., Liu Y., Ernst R. A dynamic 2000–540 Ma Earth history: from cratonic amalgamation to the age of supercontinent cycle // Earth-Sci. Rev. 2023. V. 238. 104336.

Mazumder R., Arima M. Tidal rhythmites and their implications // Earth-Sci. Rev. 2005. V. 69. P. 79–95.

Smith D.G. Tidal bundles and mud couplets in the McMurray Formation, Northeastern Alberta, Canada: geological notes // Bull. Can. Petrol. Geol. 1988. V. 36. № 2. P. 216–219.

Рецензент Н.Б. Кузнецов

ПОДПИСИ К РИСУНКАМ

Рис. 1. Положение районов с пограничными рифейско-вендскими отложениями на схематической геологической карте БМА.

1–5 – нерасчлененные отложения: 1 – палеозой (PZ), 2 – венд (V), 3 – верхний рифей (RF₃), 4 – средний рифей (RF₂), 5 – нижний рифей (RF₁); 6 – Тараташский метаморфический комплекс; 7, 8 – магматические породы: 7 – граниты, 8 – габбро; 9 – Уралтауский и Уфалейский метаморфические комплексы; 10 – основные тектонические нарушения; 11 – населенные пункты; 12 – районы распространения пограничных рифей-вендских отложений: 1 – Толпаровский, 2 – Криволукский, 3 – Тирлянский.

Рис. 2. Положение пограничных рифейско-вендских отложений (выделены цветом) в разных районах БМА.

Колонки слева – подразделения Международной и Общей стратиграфической шкалы России для верхнего докембрия. Цифры – значения изотопного возраста, млн лет. Свиты: kt – катавская, in – инзерская, mn – миньярская, uk – укская, kl – калыштинские слои толпаровской свиты, tl – толпаровская, su – суировская, bk – бакеевская, krv – криволукская, krg – кургашлинская, bj – байназаровская, kurt – курташская, mz – мазаринская, tr – теронакская, bai – байнасская, mht – махмутовская, ig – игонинская, shum – шумская.

Рис. 3. Сводный стратиграфический разрез и литофациальные особенности пограничных рифейско-вендских отложений в Толпаровском районе БМА.

(а) – калыштинские конгломераты толпаровской свиты с плоскими валунами подстилающих пород в устье р. Бол. Реват, аллювиальный тип осадков; (б–д) – толпаровская свита, разрез по р. Зилим: (б) – горизонтально-слоистые песчаники мелководного шельфа, шельфовый тип осадков, (в) – контакт мелководно-шельфовых песчаников с толщами валунных и песчаных диамиктитов с подводно-оползневыми деформациями; (г) – песчаник с двойными глинистыми слойками приливно-отливной зоны шельфа; (д) – валун доломитов миньярской свиты в толще диамиктитов; (е–и) – суировская свита в разрезе по дороге Толпарово–Суир-Аисово, мариногляциальный тип осадков глубокого шельфа (впадины): (е) – общий вид разреза в дорожной выемке; (ж) – ленточная полосчатость в переслаивании горизонтально-слоистых аргиллитов и алевролитов; (з) – гравийно-валунно-глинистый тип диамиктитов в ядрах подводно-оползневых складок; (и) – эрозионный канал с валунно-глинистыми диамиктитами в ядре подводно-оползневой складки; (к, л) – урюкская свита (сероцветная толща) в разрезе по дороге Толпарово–Суир-Аисово, песчаные диамиктиты передового склона дельты: (к) – подводно-оползневая складка в гравелито-песчаниках; (л) – включение слабо выветрелого крупного кристаллокласта полевого шпата в гравелито-песчанике. Сокращения стратиграфических подразделений верхнего рифея: kt – катавская свита, in – инзерская свита, mn – миньярская свита; uk – укская свита, 1 – калыштинские слои толпаровской

свиты. Условные обозначения: волнистая линия – стратиграфическое несогласие, черные квадраты – диамиктиты.

Рис. 4. Литофациальные особенности пограничных рифейско-вендских отложений в Криволукском районе БМА.

(а–г) – разрез криволукской свиты по р. Белой в устье р. Апшак; (а) – общий вид разреза; (б) – косая слоистость и двойные глинистые слойки в песчаниках криволукской свиты, фация мелководного шельфа; (в, г) – двойные глинистые слойки приливно-отливной зоны мелководного шельфа; (д–з) – разрез кургашлинской свиты по р. Белая в устье р. Апшак, песчаные диамиктиты, фация глубокого шельфа: (д) – общий вид разреза; (е) – друпстоуна песчаном диамиктите; (ж) – ленточная полосчатость в горизонтально-слоистом алевролите; (з) – подводно-оползневая складка в ленточно-полосчатом алевролите; (и–м) – разрез байназаровской свиты по р. Белая у д. Мурадымово, песчано-гравийные диамиктиты передового склона дельты: (и) – общий вид разреза; (к) – складки подводно-оползневого горизонта; (л) – крупно-волновая рябь типа хаммоку; (м) – прослой песчано-галечного диамиктита в глинистом сланце. Сокращения стратиграфических подразделений верхнего рифея: mn – миньярская свита; uk – укская свита. Условные обозначения: 1 – диамиктиты, 2 – стратиграфическое несогласие, 3 – предполагаемое стратиграфическое несогласие, 4 – тектонические нарушения.

Рис. 5. Схемы стратиграфических корреляций верхнерифейско-вендских отложений западного и восточного крыльев БМА: а – по (Стратиграфические..., 1993; Сергеева, Пучков, 2022), б – предлагаемая.

Свиты: kt – катавская, in – инзерская, mn – миньярская, uk – укская, kl – калыштинские слои толпаровской свиты, tl – толпаровская, su – суировская, bk – бакеевская, krv – криволукская, krg – кургашлинская, bj – байназаровская, kurt – курташская, mz – мазаринская, tr – теронакская, bai – байнасская, mht – махмутовская, ig – игонинская, shum – шумская. Цифры – значения изотопного возраста, млн лет.

Рис. 6. Литологические особенности байнаско-махмутовской осадочной последовательности в разрезе по руч. Городской.

(а–в) – байнасская свита: (а) – складчатая структура свиты в разрезе по руч. Городской, (б, в) – выход конгломерата в основании байнаской свиты; стрелкой отмечено положение прослоя в корнях дерева; (г–з) – махмутовская свита: (г) – обнажение диамиктитовых конгломератов; (д) – диамиктитовый конгломерат; (е) – толща слоистых песчаных диамиктитов; (ж) – песчаник горизонтально-слоистый, с двойными глинистыми слойками приливно-отливной зоны; (з) – песчаник с косой слоистостью перекрестного

типа. Сокращения стратиграфических подразделений: mn – миньярская свита, tr – теронакская свита.

Рис. 7. Ареалы распространения вулканитов и положение разрезов аршиния на геологической карте Тирлянского района БМА. Фрагмент Государственной геологической карты масштаба 1 : 200 000, лист N-40-17 (по Мосейчук и др., 2010, с изменениями).

Разрезы: 1 – г. Игонин камень, р. Арша; 2 – г. Крутая, руч. Половинный; 3 – г. Мал. Баштур; 4 – руч. Городской (Махмутовский); 5 – г. Шум, р. Тирлян.

Рис. 8. Фотографии шлифов метавулканитов игонинской свиты в разрезе по р. Тирлян у подножия г. Шум.

Рис. 9. Датировки циркона из аршинских вулканитов (Краснобаев и др., 2012).

$T_1 = 707.0 \pm 2.3$ млн лет, $T_2 = 732.0 \pm 1.7$ млн лет, $T_3 = 762.7 \pm 4.2$ млн лет. Во всех изохронах СКВО меньше 1.

Рис. 10. Модель соотношения стратиграфических подразделений рифейско-вендского (?) уровня в Тирлянском районе БМА. Пояснения в тексте.

1 – вулканиты; 2 – песчаники с конгломератами в основании; 3 – глинистые сланцы; 4 – песчанистые и валунно-галечные диамиктиты; 5 – стратиграфическое несогласие; 6 – тектонический контакт. Свиты: mn – миньярская; tr – теронакская; uk – укская; ig – игонинская; shm – шумская; bj – байнасская; mh – махмутовская; O₂₋₃ – отложения ордовика.

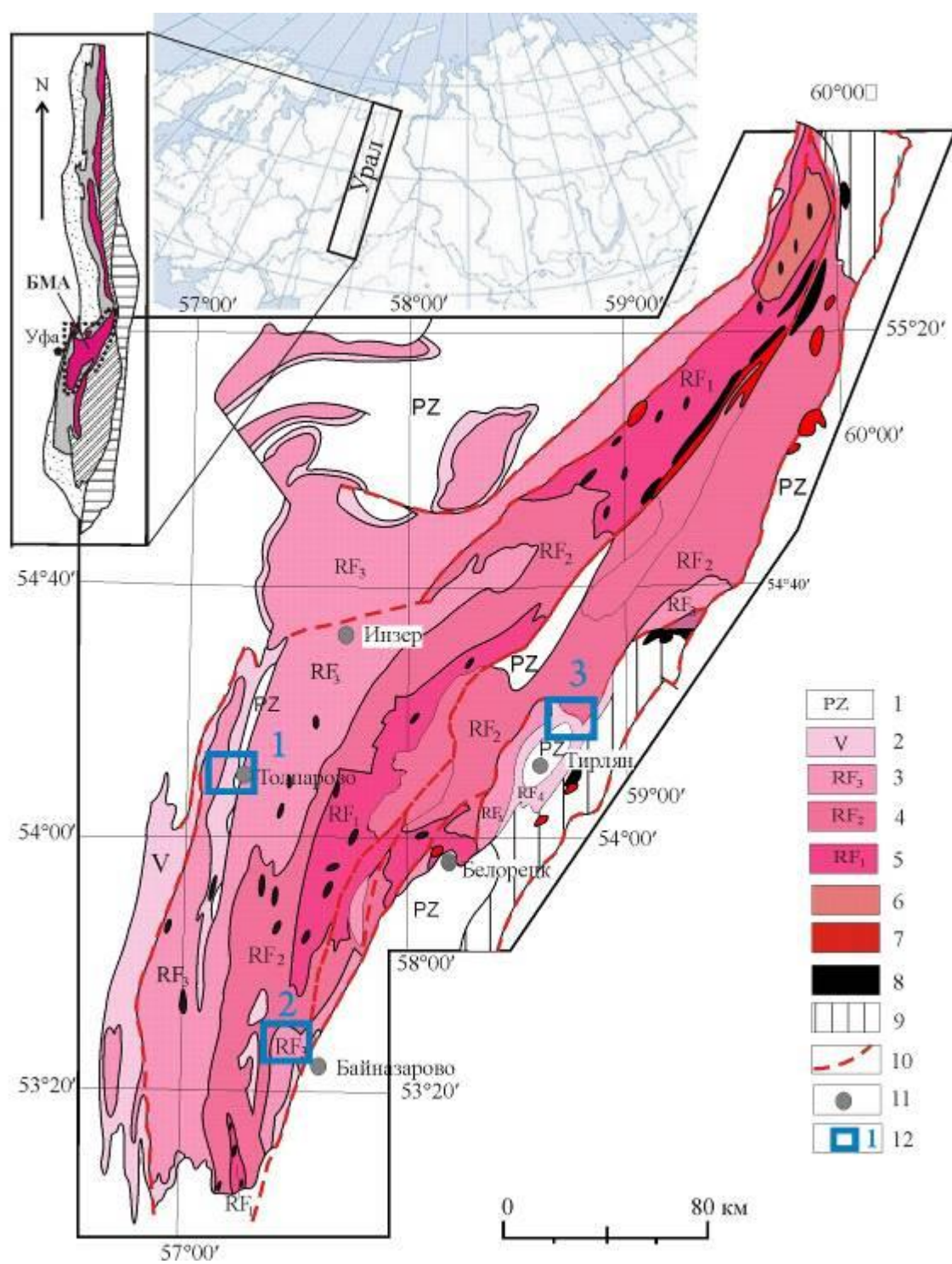


Рис. 1

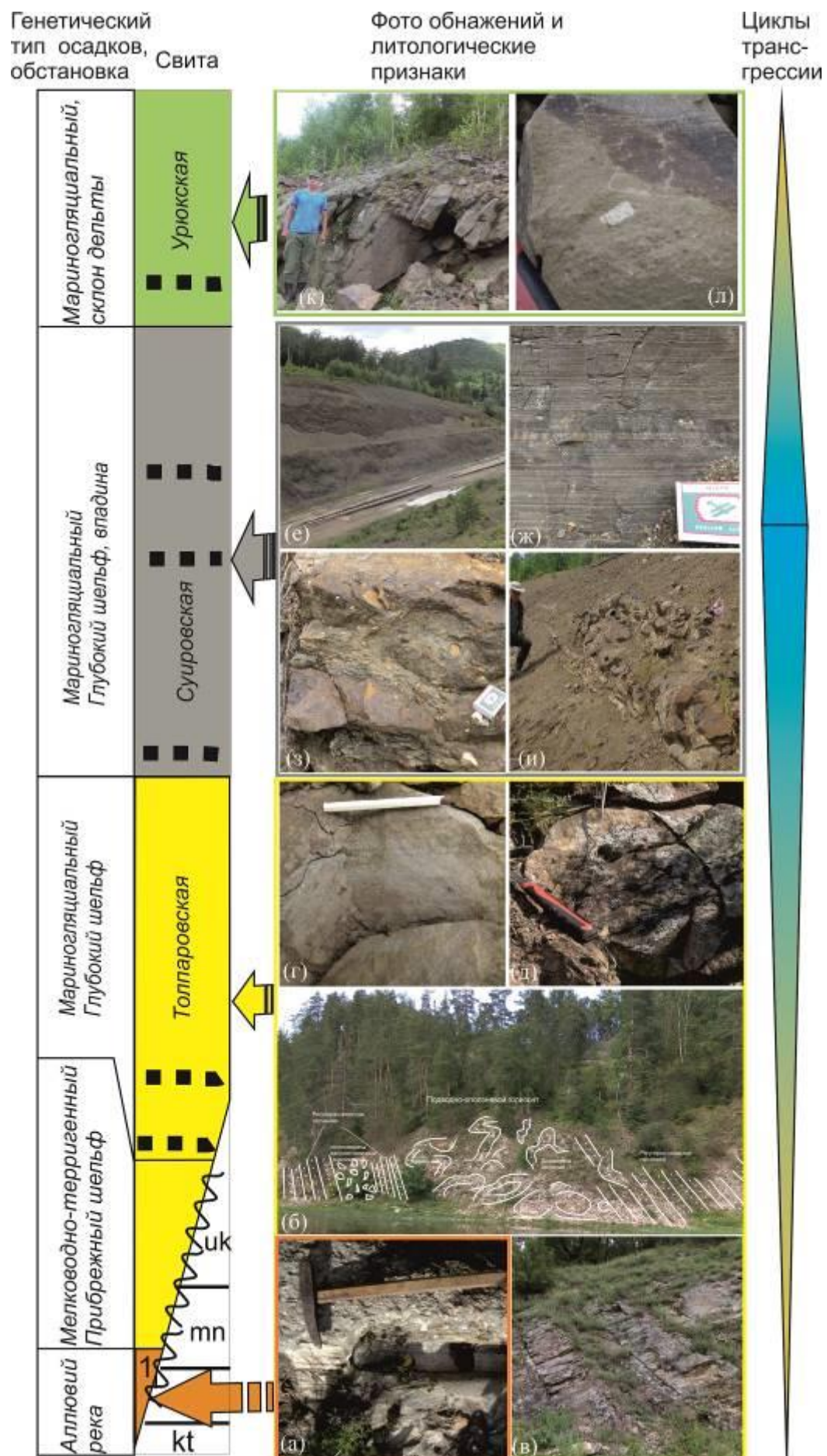


Рис.3.

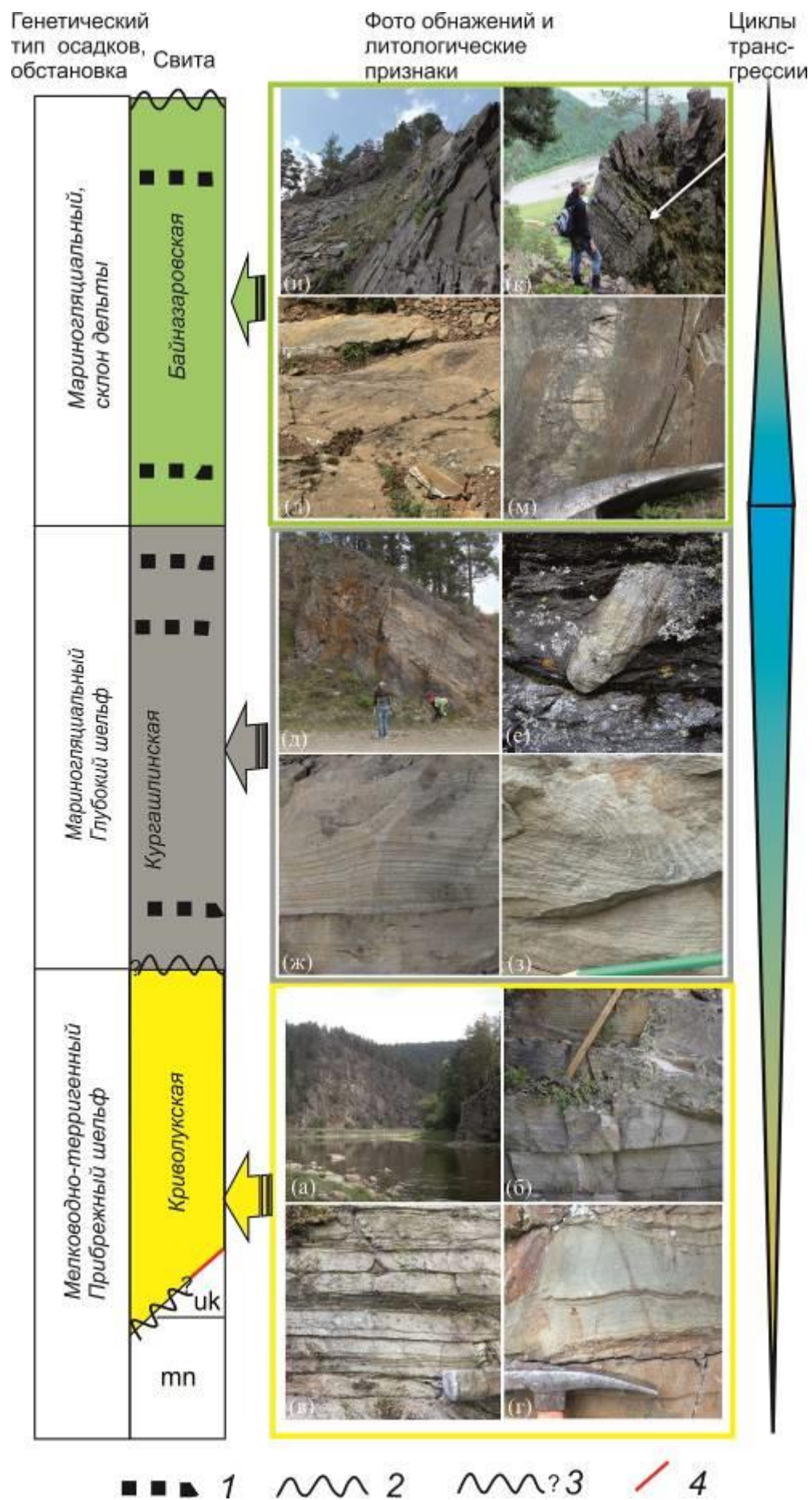


Рис.4



Рис.6.

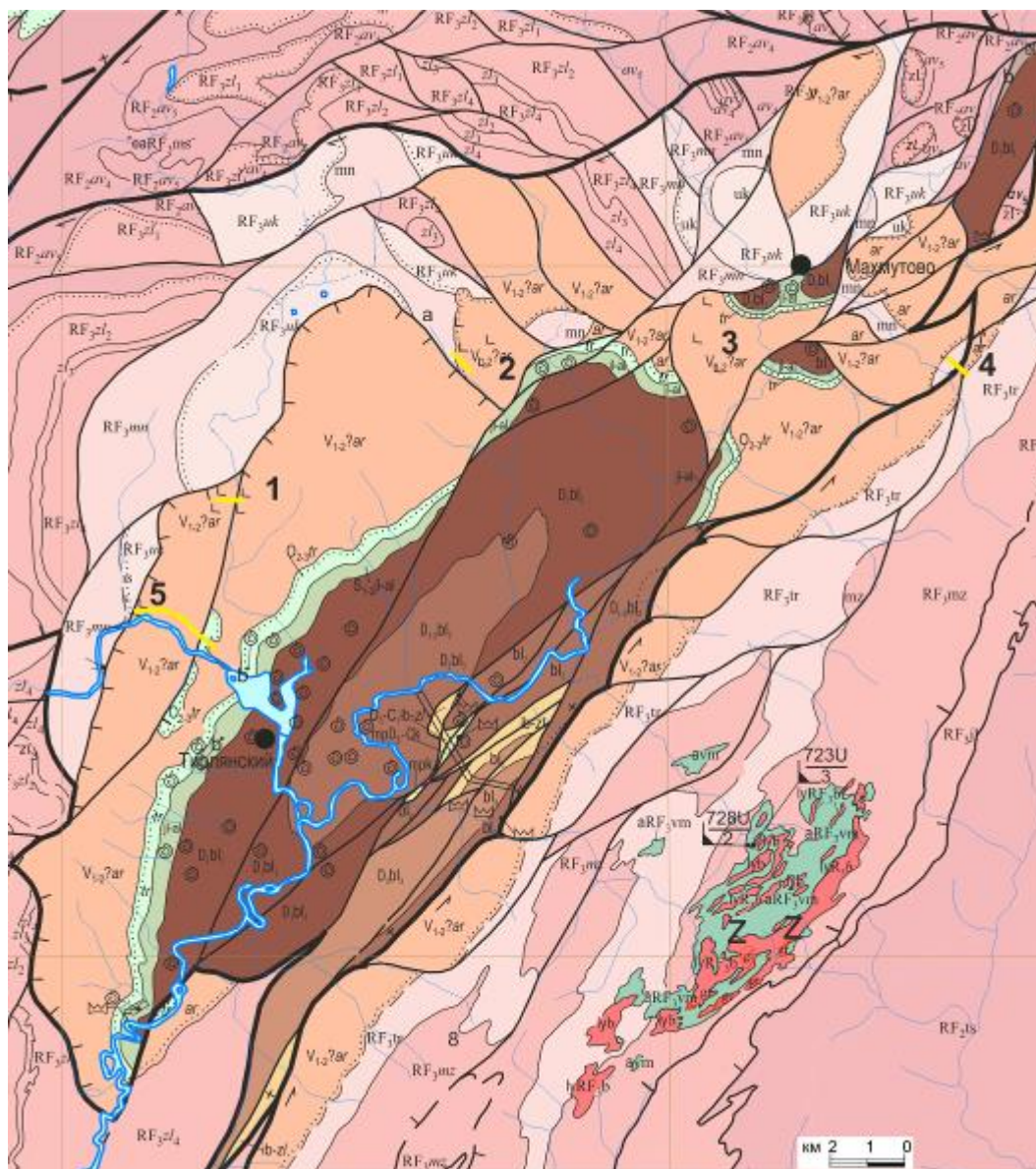


Рис.7.

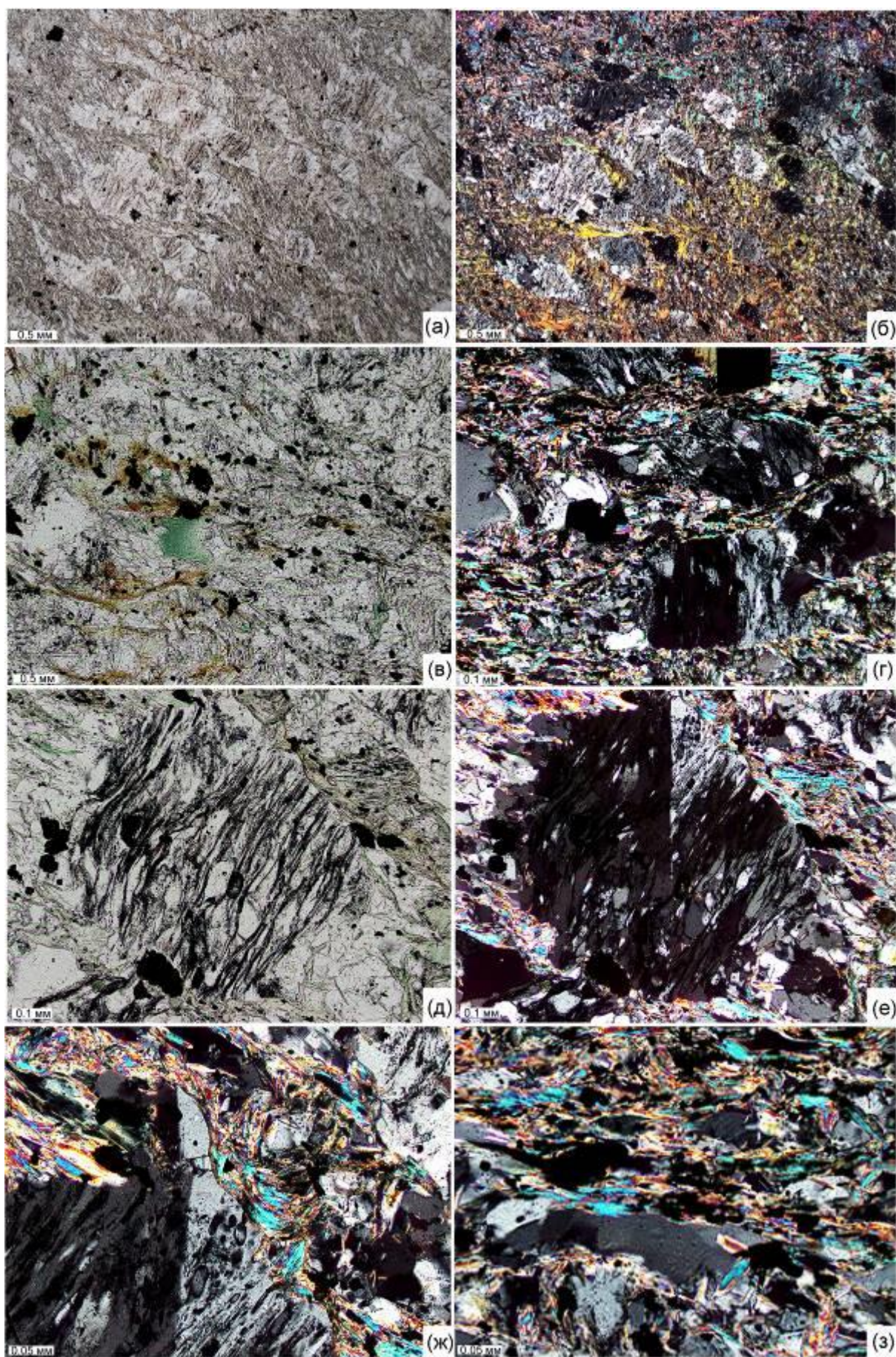


Рис.8.

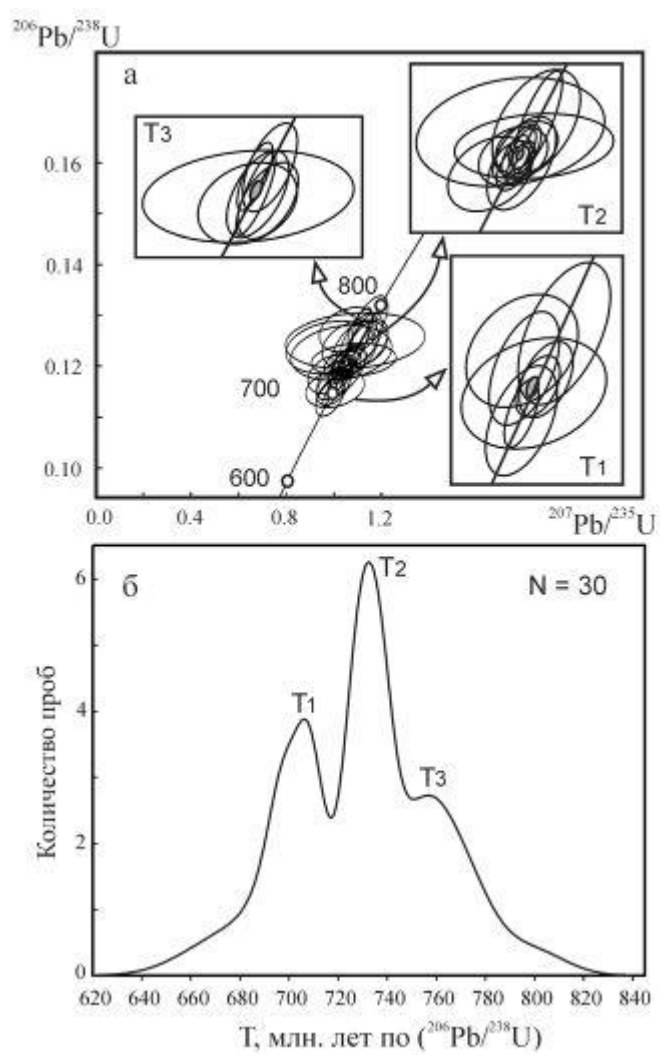


Рис.9.

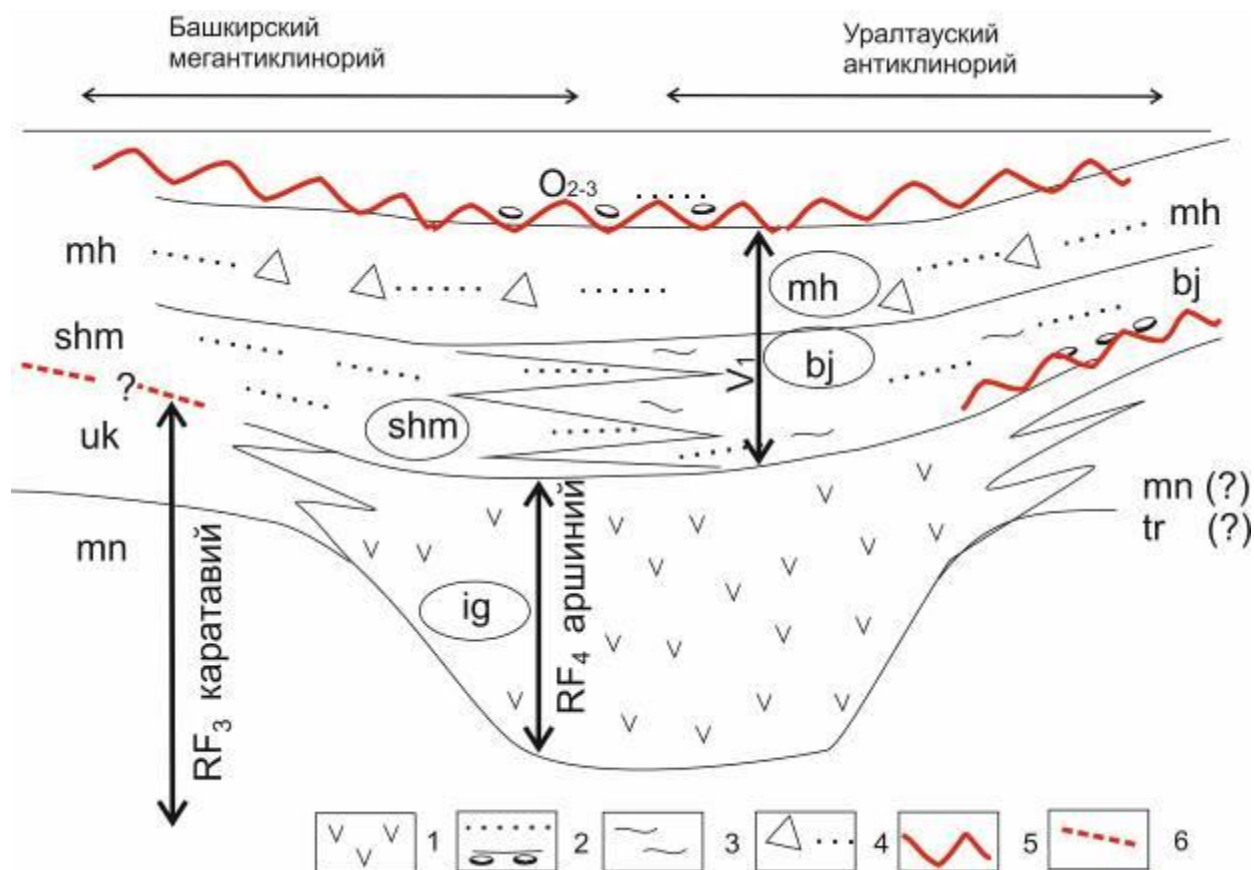


Рис. 10.

The Riphean-Vendian Boundary Interval in the Southern Urals: Lithologico-Formational and Genetic Approach to the Correlation of Sediments of the Eastern and Western Slopes of the Bashkir Meganticlinorium

V. M. Gorozhanin

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

e-mail: gorozhanin@ufaras.ru

As a result of lithofacial studies and analysis of available geological information, a correlation of Riphean-Vendian boundary deposits from different regions of the Southern Urals (Tolparovo, Krivaya Luka and Tirlyansky) was carried out. In the first two areas, a lithological marker of glacial-diamictite deposits with vertical change of terrigenous facies has been established, from shallow-sea tidal sediments with signs of superposition of marinoglacial sedimentation to deeper ones corresponding to the conditions of underwater delta-type outflow

cones or fjords. In the Tirlyansky region, due to the strong tectonization and metamorphism of the Riphean-Vendian deposits, the sequence of formations allocated to the Arshinian series is ambiguous, and their correlation with other areas is difficult. In this paper, a new interpretation of the position of the Arshinian series formations is proposed. The series is based on volcanites of the Igonin formation, reflecting the stage of rifting. Stratigraphically, the sandy-clay deposits of the Baynas formation (and its putative facies analogue, the Shum formation) are located higher, formed as sediments of mobile shallow water. They are comparable to the sediments underlying diamictites in the Tolparovo and Krivaya Luka districts. The upper part of the section is represented by glaciodynamictite conglomerates of the Makhmut formation. With this interpretation of the position of the Arshinskaya series formations, a single marinoglacial level bordering the Riphean and Vendian can be traced on the territory of the Bashkir meganticlinorium in the western and eastern frames; therefore, it can be included in the stratigraphic scale of the Upper Precambrian of the Southern Urals.

Keywords: Southern Urals, Bashkir meganticlinorium, Riphean, Vendian, Arshinian, marinoglacial diamictites, zircon and glauconite isotope dating, correlation

Глоссарий для переводчика

Южный Урал – Southern Urals

Башкирский мегантиклинорий – Bashkir meganticlinorium

Толпаровский район – Tolparovo region

Криволукский район – Krivaya Luka region

Тирлянский район – Tirlyansky region

Рифей – Riphean,

Венд – Vendian

Аршиний – Arshinian