

Рифей Камско-Бельского авлакогена: перерывы и литогеохимия обломочных пород

А. В. Маслов

Институт геологии и геохимии им. академика А.Н. Заварицкого УрО РАН, 620110, г. Екатеринбург,
ул. Академика Вонсовского, 15, e-mail: amas2004@mail.ru

Поступила в редакцию 08.06.2023 г., принята к печати 18.08.2023 г.

Объект исследований – песчаники и глинистые породы нижнего, среднего и верхнего рифея (соответственно – кырпинской, серафимовской и абдулинской серий) Камско-Бельского авлакогена. Рассмотрены изменения свойственных им значений отношений ряда оксидов и некоторых редких и рассеянных элементов – индикаторов состава пород на палеоводосборах с учетом присутствующих в разрезе перерывов разной природы и длительности. *Основной метод исследований* – анализ характерных для песчаников и тонкозернистых обломочных пород (глинистых сланцев, мелкозернистых глинистых алевролитов и аргиллитов) основных литостратиграфических единиц разреза усредненных величин TiO_2/Al_2O_3 , Th/Sc, La/Co и $(La/Yb)_N$ и их изменения с учетом положения ниже поверхности перерыва и выше нее. *Результаты*. Установлено, что на протяжении всего рифея, вне зависимости от перерывов в осадконакоплении, связанных с теми или иными перестройками в областях питания и осадконакопления, литогеохимические характеристики и песчаников и тонкозернистых обломочных пород (SiO_2/Al_2O_3 , TiO_2/Al_2O_3 , Th/Sc, La/Co, $(La/Yb)_N$ и др.) не испытывали значимых изменений. *Выводы*. Представленные в разрезе рифея Камско-Бельского авлакогена перерывы, по всей видимости, не оказали какого-либо существенного влияния на средние значения ряда индикаторных отношений – показателей состава пород на палеоводосборах (K_2O/Al_2O_3 , SiO_2/Al_2O_3 , TiO_2/Al_2O_3 , Th/Sc, La/Co и $(La/Yb)_N$) в песчаниках и глинистых породах, залегающих ниже поверхностей перерывов и выше них. Это дает основание предполагать, что кардинальных изменений состава пород на палеоводосборах, окружавших такую крупную отрицательную структуру, как Камско-Бельский авлакоген, в течение рифея не происходило, как не происходило и принципиальных изменений путей поступления кластики в область седиментации, связанную с названной структурой.

Ключевые слова: рифей, Камско-Бельский авлакоген, песчаники, тонкозернистые обломочные породы, литогеохимия, перерывы

Источник финансирования

Исследования выполнены в рамках темы государственного задания ИГГ УрО РАН (номер госрегистрации 123011800013-6)

Riphean of the Kamsko-Belsk aulacogen: Hiatuses and lithogeochemistry of clastic rocks

Andrey V. Maslov

A.N. Zavaritsky Institute of Geology and Geochemistry, UB RAS, 15 Academician Vonsovsky st., Ekaterinburg 620110, Russia,
e-mail: amas2004@mail.ru

Received 08.06.2023, accepted 18.08.2023

Research subject. Sandstones and clay rocks of the Lower, Middle, and Upper Riphean (the Kyrpino, Serafimovo, and Abdulino groups, respectively) of the Kamsko-Belsk aulacogen. Changes in the characteristic values of the ratios of a number of oxides and some trace elements that are the indicators of rock composition in paleowatersheds are considered, taking the hiatuses of different nature and duration into account. *Methods*. An analysis of the average values of K_2O/Al_2O_3 etc., Th/Sc, La/Co and $(La/Yb)_N$, characteristic of sandstones and fine-grained clastic rocks (shales, fine-grained clayey siltstones and mudstones) of the main lithostratigraphic units of the Riphean section, as well as an analysis of their changes given the position below and above the break surface. *Results*. Throughout the entire Riphean, regardless of breaks in sedimentation associated with certain rearrangements in the recharge and sedimentation areas, the lithogeochemical characteristics of both sandstones and fine-grained clastic rocks (K_2O/Al_2O_3 , TiO_2/Al_2O_3 , Th/Sc, La/Co, etc.) were found

Для цитирования: Маслов А.В. (2024) Рифей Камско-Бельского авлакогена: перерывы и литогеохимия обломочных пород. *Литосфера*, 24(3), 429-450. <https://doi.org/10.24930/2500-302X-2024-24-3-429-450>

For citation: Maslov A.V. (2024) Riphean of the Kamsko-Belsk aulacogen: Hiatuses and lithogeochemistry of clastic rocks. *Lithosphere (Russia)*, 24(3), 429-450. (In Russ.) <https://doi.org/10.24930/2500-302X-2024-24-3-429-450>

to experience no significant changes. *Conclusions.* The hiatuses presented in the Riphean section of the Kamsko-Belsk aulacogene were unlikely to have any significant effect on the average values of a number of ratios—indicators of rock composition in paleowatersheds (K_2O/Al_2O_3 , SiO_2/Al_2O_3 , TiO_2/Al_2O_3 , Th/Sc , La/Co , and $(La/Yb)_N$) in sandstones and clay rocks occurring below and above the hiatus surfaces. This suggests that there were no cardinal changes in the composition of rocks in the paleowatersheds surrounding such a large negative structure as the Kamsko-Belsk aulacogene during the Riphean. Similarly, no fundamental changes occurred in the pathways of clastics entering the sedimentation area associated with the named structure.

Keywords: *Riphean, Kamsko-Belsk aulacogen, sandstones, fine-grained terrigenous rocks, litho geochemistry, hiatuses*

Funding information

The research was carried out in accordance with the State Contract No. 123011800013-6 of the Institute of Geology and Geochemistry, Ural Branch of RAS

Acknowledgements

The author recalls collaboration with M.V. Isherskaya (Institute of Geology, Ufimian Scientific Center of RAS, Ufa city) with great warmth. This made it possible for the author to get acquainted with the sections of many deep boreholes that uncovered the Riphean and Vendian sedimentary sequences of the Kamsko-Belsk aulacogen. The author is sincerely grateful to N.S. Glushkova, who provided all the illustrations for this work, and to the reviewers for the useful discussion of the issues raised in the article, comments, and recommendations, most of which were taken into account.

ВВЕДЕНИЕ

Настоящая публикация продолжает исследования, которым была посвящена статья (Маслов, 2024). В ней рассмотрены изменения свойственных глинистым породам различных свит нижнего, среднего и верхнего рифея Южного Урала значений ряда отношений оксидов и некоторых редких и рассеянных элементов – индикаторов состава пород на палеоводосборах с учетом присутствующих в стратотипе перерывов разной длительности. В результате установлено, что на протяжении всего рифея, вне зависимости от перерывов в осадконакоплении, связанных с теми или иными перестройками в областях питания и осадконакопления, такие литогеохимические характеристики глинистых пород, как TiO_2/Al_2O_3 , Th/Sc , La/Co и в существенной степени – $(La/Yb)_N$, практически не испытывали значимых изменений. Это дает основание считать, что принципиальных изменений в составе комплексов пород – источников тонкой алюмосиликокластики для осадочных последовательностей рифея на протяжении более 1 млрд лет не происходило. Напротив, данные о значениях $t_{Nd}(DM)$ и $\epsilon_{Nd}(t)$ (Маслов и др., 2022), все же отражают смену состава пород питающих провинций и, так или иначе, вписываются в канву субглобальных событий, установленных традиционными геологическими методами в стратотипической местности рифея. В данной работе похожий подход использован для анализа литогеохимических особенностей глинистых пород рифея Камско-Бельского авлакогена (рис. 1), осадочные последовательности которого являются “западным продолжением” осадочных толщ стратотипической местности рифея.

НЕСКОЛЬКО ЗАМЕЧАНИЙ О ПЕРЕРЫВАХ И ПРИЧИНАХ ИХ ВОЗНИКНОВЕНИЯ

Роль перерывов в формировании разнообразных осадочных последовательностей рассматривалась многими отечественными и зарубежными специалистами (Безруков, 1962, 1976; Данбар, Роджерс, 1962; Яблоков, 1973; Наливкин, 1974; Vail et al., 1977; Архипов, 1985; Пиррус, Эйнасто, 1987; Найдин, 1987; Лисицын, 1988; Эйнасто, 1989; Пиррус, 1993; Сиротин и др., 2000; Барабошкин, 2001; Барабошкин и др., 2002; Allen, Allen, 2005; Вага и др., 2017; Маринова, 2018; и др.). Считается, что большинство стратиграфических перерывов связано с глобальными понижениями уровня океана или эпохами различных тектонических событий, хотя многие из них формируются и под воздействием локальных факторов (Лисицын, 1988; Амон, 2008; см. также ссылки в этой работе; Алексеев, Амон, 2017; см. также ссылки в этой работе). Остановимся кратко на ряде работ, в которых сделаны попытки типизации перерывов и рассмотрены контролирующие их формирования факторы.

В.С. Яблоков (1973) в рифейско-палеозойском разрезе Русской платформы описал в возрастном интервале длительностью ≈ 400 млн лет более 70 перерывов. Типизация их выполнена автором по предполагаемой продолжительности: громадный перерыв имеет длительность 100–200 млн лет, очень большой – 50–100, большой – 5–25, значительный – 1–3 млн лет. Продолжительность незначительных и небольших перерывов составляет от первых тысяч до нескольких сотен тысяч лет.

Э. Пиррус и Р. Эйнасто (1987) предложили характеризовать перерыв в осадконакоплении его

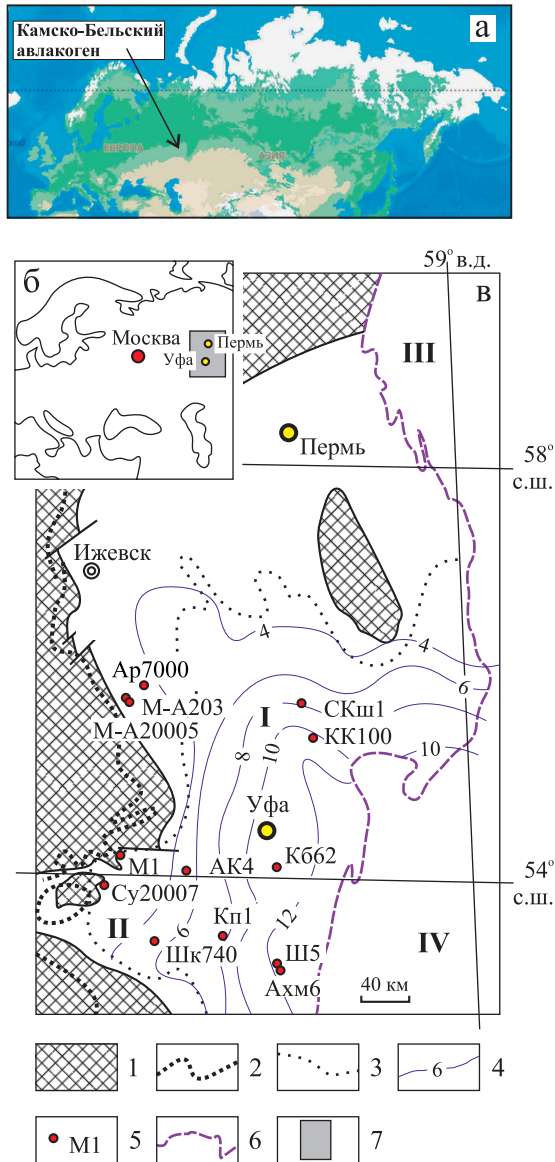


Fig. 1. Position of the Kamsko-Belsk aulacogen in the territory of Northern Eurasia (a, б) and parametric and exploration wells in its territory (в) (Belokon et al., 2001, with simplifications).

1 – areas of absence of Lower Riphean deposits; 2 – western boundary of the absence of Upper Precambrian deposits; 3 – western boundary of distribution of Middle and Upper Riphean deposits; 4 – thickness of the Riphean deposits, km; 5 – wells (Ap7000 – Arlan 7000, M-A203 – Menzelino-Aktanysh 2003, M-A20005 – Menzelino-Aktanysh 2005, СКш1 – Severo-Kushkul 1, КК100 – Kushkul 100, К662 – Kabakovo 62, Cy20007 – Sullinskaya 20007, Шк740 – Shkapovo 740, Кп1 – Kipchak 1, М1 – Morozovskaya 1, Ш5 – Shikhan 5, Ахм6 – Akhmerovo 6); 6 – western border of the Urals; 7 – the territory, which is discussed in this work. I – Kamsko-Belsk aulacogen; II – Sernovodsk-Abdulino aulacogen; III – Middle Urals, Kvarqush-Kamenogorsk meganticlinorium; IV – Southern Urals, Bashkir meganticlinorium.

длительностью (реальным временем его существования), а стратиграфический пробел – объемом. Иерархия и классификация перерывов у названных авторов основана на их длительности. В схеме стратиграфических пробелов, базирующейся на материалах по Прибалтике, авторы выделили следующие их классы: гига-, мега-, макро- и мезопробелы, а также ряд подклассов. Гигапробел характеризуется отсутствием в разрезе отложений, длительность образования которых превышает 500 млн лет. С гигапробелами связаны явно выраженные угловые несогласия, а также резкие изменения литологического состава пород. Мегапробелы охватывают стратиграфические интервалы длительностью 100–500 млн лет. С ними также связаны угловые несогласия и резкое изменение состава пород, залегающих ниже поверхности перерыва и выше нее. Длительность макропробелов составляет 10–100 млн лет. На уровне поверхности перерыва наблюдается, как правило, угловое несогласие, по площади – заметное изменение структурного плана, а литологический состав отложений ниже поверхности перерыва и выше нее может различаться несущественно. Продолжительность мезопробелов оценивается Э. Пиррусом и Р. Эйнасто (1987) в 0.1–10.0 млн лет. Резкие угловые несогласия для них не характерны. Осадконакопление также не претерпевает кардинальных изменений, хотя может проявляться то или иное изменение структурного плана осадкообразования. Отдельно авторами указывается, что гига- и мегапробелы в платформенных обстановках почти всегда являются региональными. Макропробелы приурочены преимущественно к структурно-фациальным областям бассейнов осадконакопления; за их границы они выходят довольно редко. Мезопробелы характерны для отдельных зон единого бассейна осадконакопления. Более мелкие пробелы (олиго-, парва-, микро-, нано-) связаны с отдельными фациями бассейнов.

Рис. 1. Положение Камско-Бельского авлакогена на территории Северной Евразии (а, б) и параметрических и поисково-разведочных скважин на его территории (в) (Белоконов и др., 2001, с упрощениями).

1 – области отсутствия отложений нижнего рифея; 2 – западная граница отсутствия отложений верхнего докембрия; 3 – западная граница распространения отложений среднего и верхнего рифея; 4 – мощность отложений рифея, км; 5 – скважины (Ар7000 – Арлан 7000, М-А203 – Мензелино-Актаныш 2003, М-А20005 – Мензелино-Актаныш 2005, СКш1 – Северо-Кушкуль 1, КК100 – Кушкуль 100, К662 – Кабаково 62, Cy20007 – Суллинская 20007, Шк740 – Шкапово 740, Кп1 – Кипчак 1, М1 – Морозовская 1, Ш5 – Шихан 5, Ахм6 – Ахмерово 6); 6 – западная граница Урала; 7 – территория, о которой идет речь в данной работе. I – Камско-Бельский авлакоген; II – Серноводско-Абдулинский авлакоген; III – Средний Урал, Кваркушско-Каменногорский мегантиклинорий; IV – Южный Урал, Башкирский мегантиклинорий.

По определению А.П. Лисицына (1988), перерывы в осадкообразовании в литологическом понимании – это промежутки времени, на протяжении которых осадочный материал не накапливается или удаляется (размыв). Для стратиграфических исследований мерой длительности перерыва является время, для литологических – масштабы удаления (или неосаждения) вещества и время протекания такого процесса. В современных условиях процессы неотложения идут на значительно больших площадях дна, чем процессы размыва уже отложившихся осадков. Неотложение осадков имеет место в тех случаях, когда скорость течения препятствует отложению частиц на поверхности дна и они выносятся за пределы таких участков. Для размыва уже отложившегося осадка необходимо преодолеть силу сцепления между частицами осадка. Как показано А.П. Лисицыным, чтобы воспрепятствовать осаждению частиц (ситуация неосаждения / нулевой седиментации), для пелитов требуются скорости течений в 50–1000 раз меньшие, чем для размыва уже отложившихся осадков. Поэтому ситуации нулевой седиментации в океанах встречаются на два порядка чаще, чем размыв уже накопившихся осадков. Из сказанного понятно, что наиболее распространенной причиной образования перерывов в осадочных толщах является не размыв, а неотложение осадков. В океанах существуют два глобальных уровня максимального развития перерывов: верхний и нижний. Возникновение перерывов на верхнем уровне обусловлено преимущественно изменением уровня океана. Изучение частоты встречаемости перерывов различной длительности среди отложений океана последних 150 млн лет показывает, что в основном распространены перерывы продолжительностью <10 млн лет (Лисицын, 1988). При современном высоком уровне стояния океана подавляющая часть перерывов встречается в пелагических областях. По мнению А.П. Лисицына (1988, с. 240), “...главная причина возникновения перерывов на всех уровнях океана и для отложений всех возрастов – не вертикальные тектонические движения с выходом участков дна на поверхность океана... а глобальные изменения уровня океана”. Последние приводят к одновременным и происходящим в разных частях океана перерывам на верхнем (устья рек и шельфы) и нижнем уровнях. Перерывы верхнего уровня имеют глобальное распространение; они прослеживаются практически во всех бассейнах, имеющих связи с океаном.

В Дополнениях к Стратиграфическому кодексу России (Дополнения..., 2000) стратиграфический перерыв определяется как нарушение непрерывной хронологической последовательности напластования в результате временного прекращения осадконакопления и эрозии ранее образовавшихся отложений в субаэральных (наземных) или

подводных условиях. По длительности выделяются крупные (длительность >10 млн лет), средние (1–10) и мелкие (до 1 млн лет) перерывы. Крупные и средние перерывы связаны с изменениями режима осадконакопления, эпохами интенсификации горизонтальных движений крупных блоков земной коры, эвстатическими колебаниями уровня Мирового океана, фазами складчатости. Мелкие перерывы контролируются изменениями отдельных параметров режима седиментации. Крупные перерывы обычно сопровождаются резкой сменой литологических и палеонтологических характеристик подстилающих и перекрывающих пород. В складчатых областях им сопутствуют угловые несогласия и изменения структурного плана. Средние перерывы также сопровождаются отчетливой сменой состава пород и остатков организмов. Важно отметить, что относительно смены литогеохимических характеристик осадочных пород, залегающих ниже и выше перерывов, какой-либо информации в указанной работе, естественно, нет, как нет ее и в большинстве других публикаций, в которых речь идет о перерывах различных групп, типов и видов.

В.И. Сиротиним с соавторами (2000) перерывы классифицированы по продолжительности на глобальные I ранга (гигацикловые, длительность ≈540 млн лет), глобальные II ранга (мегацикловые, 90–180), глобальные III ранга (22.5–90.0), межформационные (8.0–22.5), внутрiformационные (1–10) и локальные/местные (<1 млн лет). Причины их возникновения рассматриваются авторами в общем виде.

Е.Ю. Барабошкин (2001) показал, что по происхождению перерывы принадлежат двум основным группам. К первой относятся перерывы, образующиеся в результате водной, ветровой или ледниковой эрозии уже сформированных осадочных толщ. Такие перерывы встречаются главным образом на суше и обусловлены поднятиями территорий и горообразовательными движениями, а также трансгрессиями и регрессиями. В ряде случаев перерывы этой группы фиксируются и в подводных обстановках, будучи контролируемые изменением гидродинамики бассейнов или действием течений. Вторую группу образуют синседиментационные перерывы, появление которых имеет место в процессе осадконакопления. Это перерывы ненакопления, эрозийные и элювиальные, а также перерывы смешанного типа. В опубликованной несколько позже работе (Барабошкин и др., 2002) перерывы также классифицированы на основе их генезиса. Авторы описали синседиментационные, диа- и постдиагенетические перерывы, подразделяющиеся на типы (эрозийные, перерывы ненакопления, диастемы, твердое и мягкое дно, скрытые, конденсированные разрезы и др.).

Л.И. Мурашко (2011) в учебном пособии для студентов Белорусского государственного уни-

верситета¹ отметила, что перерывы в осадконакоплении вызваны чаще всего тектоническими движениями. В общем случае их интервалы соответствуют времени проявления восходящих тектонических движений, а формирование поверхности несогласия указывает на одно из тектонических событий: смену тектонического режима, перестройку структурного плана или складкообразование и ороению.

По представлениям В.Н. Староверова (2013), перерывы могут быть обусловлены разнообразными причинами – размывами в субаэральной или субаквальной обстановке, неотложением осадков, контролируемым гидродинамической активностью или дефицитом поступающего в бассейн осадочного материала, вымыванием тонкодисперсных компонентов и связанным с ним формированием конденсированных разрезов и др. Названным автором также отмечено, что “...в настоящее время практически единодушно принимаются две основные причины происхождения перерывов – тектоническая и палеогеографическая, преломленная через климатические условия” (Староверов, 2013, с. 41). Тектонические перерывы связаны с перестройками структурного плана внутри бассейнов седиментации (формирование конседиментационных поднятий, рост крупных блоков земной коры и т. д.). На примере юго-востока Русской плиты В.Н. Староверов выделяет шесть основных типов перерывов (глобальные/мегацикловые, региональные/межформационные, региональные/внутриформационные и др.), каждый из которых обусловлен тем или иным ведущим геологическим фактором. Первый из перечисленных типов связан с внутри- и окраинно-плитными геодинамическими процессами, вызываемыми неоднородным строением кристаллического цоколя плиты и нестационарными движениями расположенных рядом литосферных плит. Второй тип связан с периодами минимальных скоростей движения плиты и тяготеет к основанию трансгрессивных серий. Третий тип фиксируется, как правило, терригенными породами в основании трансгрессивных комплексов, накапливавшихся в обстановках максимально низкого положения уровня моря, что вело к интенсивной эрозии залегающих ниже карбонатных толщ. В целом автор считает, что перерывы перечисленных типов контролируются исключительно геодинамическими событиями.

Суммируя все сказанное, можно видеть, что о влиянии перерывов на вещественный состав, а тем более на литогеохимические особенности залегающих ниже и выше их поверхностей осадоч-

ных пород, говорится чаще всего либо мало, либо вскользь. Мы в определенной мере хотим заполнить этот пробел на примере такой крупной структуры, как Камско-Бельский авлакоген. Ранее, как уже указано, это же было в какой-то мере сделано для стратотипического разреза рифея (Маслов, 2024). Краткая (увы, далеко не такая, как хотелось бы) геологическая характеристика присутствующих в сводном разрезе рифея названного авлакогена перерывов приведена также по литературным данным в следующем разделе. Связано это в том числе с предельно малым выходом керна из далеко отстоящих друг от друга интервалов долбления.

ЛИТОСТРАТИГРАФИЯ РИФЕЯ КАМСКО-БЕЛЬСКОГО АВЛАКОГЕНА

В Камско-Бельском авлакогене присутствуют терригенные и карбонатные образования всех трех стратонов рифея. Характеристика вскрытых здесь глубокими скважинами различных интервалов разреза приведена в публикациях (Иванова и др., 1969; Иванова, 1970; Алиев и др., 1977; Постникова, 1977; Андреев и др., 1981; Лагутенкова, Чепикова, 1982; Ожиганова, 1983; Стратотип..., 1983; Ишерская, Романов, 1993; Романов, Ишерская, 1994, 1998, 1999, 2001; Лозин, 1994; Козлов и др., 1995, 2007, 2009; Аксенов, 1998; Маслов, Ишерская, 1998, 2008; Стратиграфическая схема..., 2000; Белоконь и др., 2001; Масагутов, 2002; Сергеева и др., 2021; и др.), поэтому далее даны только краткие сведения, необходимые для обсуждения материала. В настоящей работе рассмотрены вариации ряда литогеохимических параметров песчаников и глинистых пород рифея Камско-Бельского авлакогена в привязке к трем в существенной мере подобным, но в то же время различающимся рядом особенностей стратиграфическим схемам: 1) схеме Л.Д. Ожигановой, М.В. Ишерской и В.А. Романова (схема 1); 2) схеме рифея и венда Волго-Уральской области Е.М. Аксенова и В.И. Козлова (схема 2); 3) схеме Н.Д. Сергеевой, В.Н. Пучкова и Т.В. Карасевой (схема 3).

Важно иметь в виду, что сами схемы намерения обсуждать у нас нет. Мы анализируем только изменение тех или иных параметров валового химического состава обломочных пород ниже обозначенных в указанных схемах перерывов и выше них (рис. 2). Поэтому все схемы даны в несколько упрощенном относительно исходного виде; опущены серии и подсерии, а отложения, выделяемые в схеме 3 в составе так называемого “завершающего рифея” (кипчакская свита) за неимением такового в официально утвержденной Межведомственным стратиграфическим комитетом России Общей стратиграфической шкале докембрия (Стратиграфический кодекс..., 2006, табл. 3), рассматриваются в составе рифея верхнего, отвечающего интервалу времени 1030–600 млн лет.

¹ Мы специально приводим эту информацию, показывающую, как различаются представления классического университетского образования и современной фундаментальной науки.

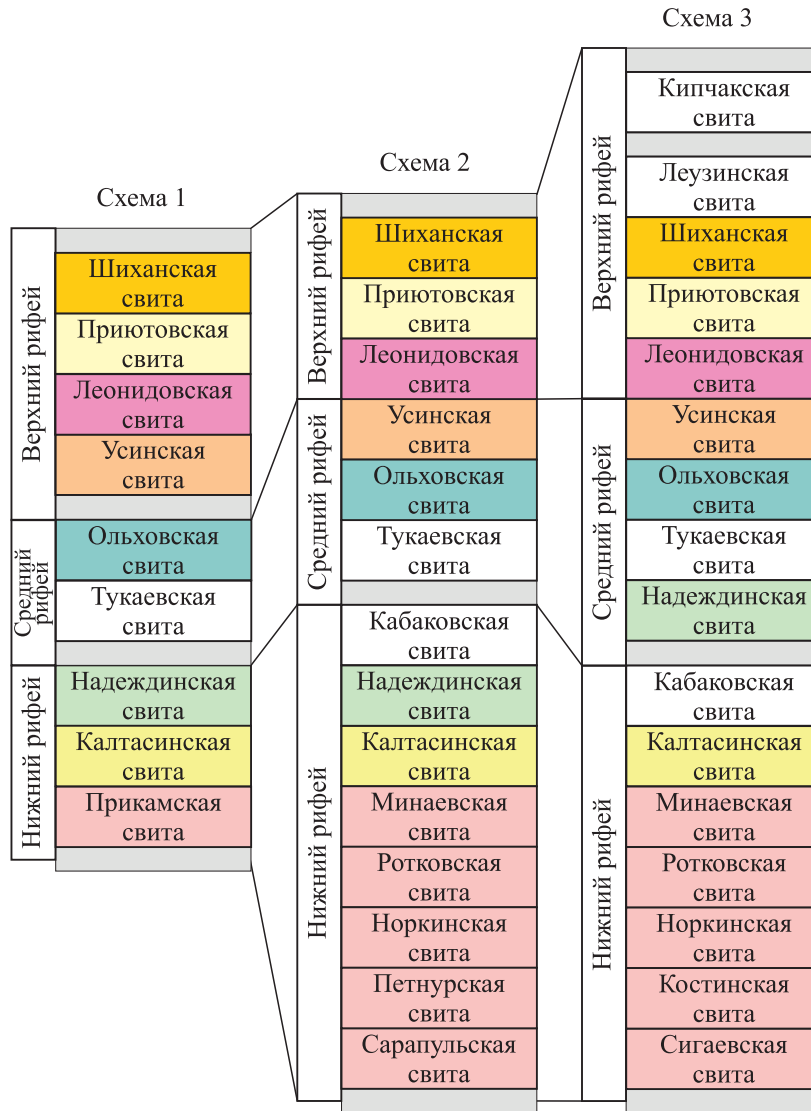


Рис. 2. Строение сводного разреза рифея Камско-Бельского авлакогена в соответствии со схемами 1–3. Пояснения см. в тексте.

Fig. 2. Structure of the composite Riphean section of the Kamsko-Belsk aulacogen according to stratigraphy schemes 1–3.

See text for explanations.

Схема 1

В соответствии с представлениями (Рабочая схема..., 1981; Ожиганова, 1983; Ишерская, Романов, 1993; Романов, Ишерская, 1998, 2001), нижнерифейский возраст в Камско-Бельском авлакогене имеет кыргинская серия, объединяющая прикамскую², калтасинскую и надеждинскую свиты.

² Вместо прикамской свиты В.А. Романовым и М.В. Ишерской (2001) в нижней части кыргинской серии выделены актанышская и можаровская свиты, однако далее при рассмотрении геохимических особенно-

Прикамская свита представлена пестро- и красноватными песчаниками (преобладают), гравелитами, алевролитами и в верхней части более тонкозернистыми отложениями, иногда с примесью карбонатного материала. Снизу вверх в сводном разрезе прикамской свиты выделяются четыре подсвиты. Самая нижняя, азякульская, объеди-

стей тонкозернистых терригенных пород мы для удобства восприятия будем продолжать оперировать термином “прикамская свита”, включая в него все терригенные докалтасинское образования Камско-Бельского прогиба.

няет кварцевые и полевошпатово-кварцевые песчаники. Норкинская подсвета сложена в основном глинистыми сланцами и полевошпатово-кварцевыми или субаркозовыми алевролитами; подчиненную роль в ее разрезах играют мелкозернистые полевошпатово-кварцевые песчаники и мергели. Ротковская подсвета представлена полевошпатово-кварцевыми и кварцевыми песчаниками; подчиненную роль играют здесь гравелиты, конгломераты, алевролиты и глинистые сланцы. Минаевская подсвета сложена полевошпатово-кварцевыми алевролитами, доломитами и мергелями, гравийно-галечниковыми породами, а также глинистыми сланцами. Мощность прикамской свиты варьирует от 100 до 1800 м. Калтасинская свита (60–3000 м) представлена преимущественно карбонатными породами; обломочные породы – алевролиты и глинистые сланцы – играют в разрезах свиты резко подчиненную роль и приурочены главным образом к ее средней, арланской, подсвете. Надеждинская свита (150–450 м) объединяет алевролиты, аргиллиты, песчаники и прослой доломитов. Полные ее разрезы вскрыты на юго-западе Пермского края (Ситчихин, 2009). Верхней части надеждинской свиты принадлежат, по представлениям, изложенным в работе (Ишерская, Романов, 1993), и породы кабаковской свиты. Последняя сложена неравномерным чередованием глинистых сланцев (преобладают), аркозовых, полевошпатово-кварцевых и кварцевых алевролитов и песчаников; встречаются также доломитовые мергели и доломиты.

Среднерифейские отложения (тукаевская и ольховская свиты серафимовской серии) залегают на породах нижнего рифея трансгрессивно (Ишерская, Романов, 1993; Романов, Ишерская, 1994). По представлениям В.А. Романова (2004), на рубеже раннего и среднего рифея на рассматриваемой территории произошло кратковременное воздымание, с которым связан незначительный размыв пород надеждинской свиты. Тукаевская свита (мощность до 630 м) объединяет преимущественно аркозовые и близкие к ним по составу песчаники; глинистые сланцы и алевролиты играют в разрезах свиты подчиненную роль. Ольховская свита (340–840 м) представлена аргиллитами, мергелями, алевролитами и доломитами; в нижней ее части присутствуют темноцветные алевролиты и глинистые сланцы (так называемый акбердинский горизонт). Предполагается (Романов и др., 2006), что в конце среднего рифея на рассматриваемой территории процессы субширотного растяжения сменились сжатием и неравномерным воздыманием, что привело к дифференцированному размыву ранее накопившихся осадочных толщ. С началом позднего рифея связаны проявление процессов субмеридионального растяжения и заложение ряда новых прогибов (Романов и др., 2006).

Верхнерифейская абдулинская серия (усинская, леонидовская, приутовская и шиханская свиты) залегает с размывом на средне- и нижнерифейских отложениях, а в ряде мест перекрывает кристаллический фундамент. По данным авторов работы (Романов и др., 2004), наиболее хорошо несогласие между верхним и средним рифеем и размыв пород последнего выражены в районе скв. Кипчак 1 и в пределах Серноводско-Абдулинского авлакогена, но на большей части территории Камско-Бельского авлакогена соотношения между усинской свитой и подстилающими образованиями можно охарактеризовать как “кажущееся согласие” (Романов и др., 2006). Усинская свита (100–400 и более м) сложена преимущественно полевошпатово-кварцевыми, реже – кварцевыми и аркозовыми песчаниками, алевролитами и аргиллитами. Леонидовская свита (мощность от 57 до 1300 м и более), залегающая согласно на усинской свите (Ишерская, Романов, 1993; и др.), представлена преимущественно кварцевыми песчаниками с каолиновым цементом. Приутовская свита (76–676 м) объединяет глинистые сланцы, алевролиты, мергели, доломиты и песчаники. Шиханская свита, имеющая остаточную мощность 100–360 м (Романов и др., 2006), представлена известняками и доломитами с прослоями аргиллитов, алевролитов и мергелей (Романов, Ишерская, 2005). Более молодые, чем шиханская свита, образования в Камско-Бельском авлакогене, по мнению авторов рассматриваемой стратиграфической схемы, отсутствуют. По данным сейсморазведки МОГТ, в основании II отражающего горизонта, приуроченного к самой нижней части осадочной последовательности венда, в ряде районов Камско-Бельского авлакогена “уверенно регистрируется несогласие и размыв подстилающих рифейских комплексов” (Романов и др., 2004).

Какой-либо целенаправленной оценки природы, масштаба и длительности фиксируемых в разрезе рифея Камско-Бельского авлакогена перерывов в известной нам литературе, к сожалению, нет. Если основываться на общегеологической информации и данных мелкомасштабных литолого-палеогеографических реконструкций, то, исходя из неоднократных изменений на протяжении рифея конфигураций областей осадконакопления и смены положения питающих провинций (так, на протяжении среднего рифея источниками кластики выступали внутренние районы Татарско-Оренбургского свода, а в течение почти всего позднего рифея – Татарский, Оренбургский и Пермско-Башкирский своды (Романов и др., 2006; и др.)), их можно считать по классификации, приведенной в работе (Дополнения..., 2000), крупными и средними, т. е. связанными с изменениями режима осадконакопления эпохами интенсификации движений крупных блоков земной коры и другими причинами.

Схема 2

В стратиграфической схеме верхнего докембрия Волго-Уральской области рифей с учетом комплекса данных (цикличности осадконакопления, биостратиграфических и геохронологических данных) расчленен, как и в схеме 1, на ниже-, средне- и верхнерифейскую эратемы (Стратиграфическая схема..., 2000). Первой из них отвечает кырпинская серия, объединяющая сарапульскую, петнурскую, норкинскую, ротковскую, минаевскую, калтасинскую, надеждинскую и кабаковскую свиты. Ко второй эратеме принадлежит серафимовская серия в составе тукаевской, ольховской и усинской свит. Третьей соответствует абдулинская серия, включающая леонидовскую, приютовскую и шиханскую свиты.

Нетрудно видеть, что наиболее радикальные изменения в схеме 2 по сравнению с представленными в схеме 1 затронули нижнерифейские докалтасинские образования – вместо одной, прикамской, свиты в ней выделены пять свит, подавляющая часть которых ранее рассматривалась как подсвиты прикамской свиты. Состав и объемы всех других литостратиграфических единиц разреза рифея принципиальных новаций не претерпели. Усинская свита рассматривается как имеющая среднерифейский возраст. Между ней и леонидовской свитой верхнего рифея перерыв в осадконакоплении в схеме 2 отсутствует.

Схема 3

Здесь к сводному разрезу рифея, принятому в схеме 2 (Стратиграфическая схема..., 2000), сделан ряд дополнений. Из них важными для нас являются следующие: 1) в нижней части кырпинской серии ниже норкинской свиты выделены костинская и сигаевская свиты; 2) в состав норкинской свиты включены базальты, ранее относившиеся к нижнему протерозою; 3) на основании сведений данных авторов о постепенном переходе между кабаковской и калтасинской свитами, надеждинская свита³ рассматривается как аналог вулканогенно-осадочной машакской свиты Южного Урала и считается среднерифейской, однако какой-либо характеристики взаимоотношений названного стратона и подстилающих его образований, кроме “надеждинская свита залегает на подстилающих отложениях нижнего рифея с размывом...”, в работе (Сер-

³ Даже из приведенного краткого обзора стратиграфических схем хорошо видно, что одними из наиболее дискуссионных вопросов являются стратиграфическая принадлежность и объем надеждинской свиты. К сожалению, под одним и тем же названием разными авторами в разных районах Камско-Бельского авлакогена понимаются, очевидно, различные толщи.

геева и др., 2021, стр. 17) нет; 4) серафимовская серия объединяет надеждинскую, тукаевскую, ольховскую и усинскую свиты. Как и в схеме 2, в данной схеме принято, что усинская и ольховская свиты связаны постепенным переходом⁴; 5) выше шиханской свиты в разрезе абдулинской серии установлена леузинская свита; 6) выше леузинской свиты в сводном разрезе верхнего докембрия Камско-Бельского авлакогена помещена кипчакская свита. В схеме 3 присутствуют два перерыва – преднадеждинский (предсреднерифейский) и предкипчакский (внутриверхнерифейский). Авторы работы (Сергеева и др., 2021) считают, что кипчакская свита, сопоставляемая с игонинской свитой восточного крыла Башкирского мегантиклинория, принадлежит выделяемому ими же “завершающему рифею” и на этом основании не относится к абдулинской серии. Нам, однако, появление в стратотипе рифея еще одного, четвертого, крупного подразделения (завершающего рифея/аршиния) представляется недостаточно корректным (Маслов, 2021).

Сигаевская свита (вскрытая мощность 1900 м) сложена аркозовыми и полевошпатово-кварцевыми песчаниками и алевролитами, среди которых можно видеть прослой доломитов, глинистых сланцев и доломитовых мергелей (Сергеева и др., 2021; см. также ссылки в этой работе). Количество и толщина последних увеличивается к кровле свиты. Костинская свита (620 м) объединяет аркозовые и полевошпатово-кварцевые песчаники, алевролиты, доломиты, глинистые и низкоуглеродистые глинистые сланцы, доломитовые мергели и кремнисто-доломитовые породы. Из приведенного описания можно сделать вывод, что по составу слагающих их пород сигаевская и костинская свиты принципиально не отличаются от других подкалтасинских терригенных отложений Камско-Бельского авлакогена. Леузинская свита (мощность не менее 235 м) представлена доломитами с низкоуглеродистоглинистыми пропластками. В основании свиты можно видеть также прослой известняков. С подстилающей шиханской свитой леузинская свита связана постепенным переходом (Сергеева и др., 2021). Кипчакская свита (~80 м) сложена аргиллитами, алевролитами, базальтами, гиалобазальтами и гиалокластитами (Сергеева и др., 2021; см. также ссылки в этой работе).

⁴ Здесь есть, однако, ряд тонкостей. Так, например, в монографии (Сергеева и др., 2021, с. 42) при описании разреза скв. Аслыкуль 4 указано, что взаимоотношение усинской свиты с подстилающей ольховской в керне не наблюдалось. Соответственно, нет информации и о характере контакта названных свит. Подобная ситуация свойственна и многим другим глубоким скважинам, вскрывшим отложения рифея в Камско-Бельском авлакогене. Поэтому геологические особенности интервалов предполагаемых перерывов в литературе практически не освещены.

Аргиллиты арланской подсвиты калтасинской свиты имеют, по данным Re-Os метода, возраст 1414 ± 40 и 1427 ± 43 млн лет (Сергеева и др., 2021; см. также ссылки в этой работе). Дайка габбро-долерита, секущая породы норкинской свиты, имеет возраст 1391 ± 2 млн лет (циркон, U-Pb метод, SHRIMP-II (Сергеева и др., 2021; см. также ссылки в этой работе)). Дайка габбро-долерита, прорывающая верхнюю подсвиту кабаковской свиты, имеет возраст 1386 ± 6 млн лет (бадделейт, U-Pb метод, SHRIMP-II (Сергеева и др., 2021; см. также ссылки в этой работе)). Датировки для большинства остальных литостратиграфических единиц рифея Камско-Бельского авлакогена получены в основном K-Ar методом по секущим магматическим породам, глаукониту и слюдястым минералам (Стратотип..., 1983) до начала 1980-х гг. и не могут считаться в настоящее время валидными. Кроме указанных данных в литературе имеются K-Ar датировки по базальтам норкинской свиты и полевым шпатам из них (2016, 1686 и 1542 млн лет) (Козлов и др., 1995), Rb-Sr датировка по селадониту из базальтов кипчакской свиты (734 млн лет) (Горожанин, 2009) и Pb-Pb датировка карбонатных пород шиханской свиты (900 млн лет) (Козлов и др., 2003), но и они, по-видимому, требуют уточнения.

ФАКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Определение содержания породообразующих оксидов и редких и рассеянных элементов в песчаниках и тонкозернистых обломочных породах (глинистых сланцах, алевроаргиллитах, мелкозернистых глинистых алевролитах) основных литостратиграфических подразделений рифея Камско-Бельского авлакогена, вскрытых скважинами Арлан 7000, Мензелино-Актаныш 203, Мензелино-Актаныш (Карачевская) 20005, Северо-кушкуль 1, Кушкуль 100, Кабаково 62, Аслы-куль 4, Морозовская 1, Суллинская 20007, Кипчак 1, Шкапово 740, Шихан 5 и Ахмерово 6 (см. рис. 1), выполнено в начале и середине 2000-х гг. в ИГГ УрО РАН (аналитики Н.П. Горбунова, В.П. Власов, Г.С. Неупокоева, И.И. Неустрова, Л.А. Татарина и Е.С. Шагалов) соответственно рентгенфлуоресцентным методом на рентгеновском спектрометре СРМ-18 и методом ICP-MS на масс-спектрометре ELAN9000. Для анализа использованы случайным образом отобранные образцы из коллекции ядра М.В. Ишерской. Вещественный состав песчаников и глинистых пород рифея Камско-Бельского авлакогена охарактеризован в наших предшествующих публикациях (Маслов, Ишерская, 2008; Маслов и др., 2008а, б, 2010, 2012; Ялышева, Маслов, 2013). Используемые в настоящей работе аналитические данные для песчаников и глинистых пород рифея

Камско-Бельского авлакогена приведены в монографии (Маслов, 2012). Так как объем и распространение по площади некоторых литостратиграфических единиц рифея Камско-Бельского авлакогена понимаются разными авторами до настоящего времени по-разному, в табл. 1 и 2 указана стратиграфическая привязка образцов в опробованных скважинах. К сожалению, число образцов и песчаников и глинистых пород в выборках для разных свит из нашей коллекции в целом невелико и сильно варьирует. Это делает большинство рассуждений и выводов данной статьи сугубо предварительными и предполагает, что рассматриваемая нами задача далека от окончательного решения.

Основной метод исследований при подготовке этой работы заключался в сопоставлении средних значений и величин стандартных отклонений ($\pm 1\sigma$) ряда индикаторных соотношений породообразующих оксидов (K_2O/Al_2O_3 , SiO_2/Al_2O_3) и редких и рассеянных элементов – показателей состава пород на палеоводосборах (Th/Sc, La/Co и $(La/Yb)_N$) в песчаниках и глинистых породах свит, залегающих выше поверхностей перерывов и ниже них в разрезе рифея Камско-Бельского авлакогена. Так как устоявшейся, принимаемой подавляющим большинством исследователей схемы расчленения рифея названной крупной структуры все еще нет, то в схемах разных авторов одни и те же свиты занимают разное положение. В одних схемах одни свиты показаны имеющими согласные соотношения, в других они могут быть разделены перерывами; в одних схемах свита А залегает ниже свиты Б, в других соотношения между ними обратные. Все это затрудняет анализ величин индикаторных соотношений, поскольку приходится рассматривать их для каждой схемы в отдельности (см. далее).

На классификационной диаграмме $\log(SiO_2/Al_2O_3) - \log(Fe_2O_3^{*5}/K_2O)$ (Herron, 1988) фигуративные точки песчаников (индивидуальные образцы) прикамской, надеждинской, тукаевской, ольховской, усинской, леонидовской и приютовской свит сосредоточены в основном в полях вакк, аркозов и субаркозов, литаренитов и сублитаренитов (рис. 3а). Какой-либо приуроченности их к определенным классификационным полям названной диаграммы не наблюдается. Усредненные точки состава песчаников названных свит на этой же диаграмме распределены несколько иначе (рис. 3б). С учетом присущих им величин стандартных отклонений ($\pm 1\sigma$) песчаники надеждинской, усинской, леонидовской и приютовской свит представляются сходными по валовому химическому составу, тогда как песчаники ольховской (в нашем распоряжении имеются только два образца песчаников этой свиты) и прикамской свит обладают отличным от них составом.

⁵ Звездочкой обозначено суммарное железо в виде Fe_2O_3 .

Таблица 1. Распределение образцов песчаников по свитам и скважинам

Table 1. Distribution of sandstone samples by the formations and boreholes

№ образца	Скважина	Интервал отбора, м	№ образца	Скважина	Интервал отбора, м
	Прикамская свита				
КБА-103	Сулли 20007	3362–3372	КБА-71	Морозовская 1	2320–2325
КБА-104		3332–3337	КБА-72	Куш-куль 100	3314.4–3321.4
КБА-105		3208–3212	КБА-74		3338.3–3342.4
КБА-109		3253–3254	КБА-76		3355.1–3359.3
КБА-106	Арлан 7000	4031.5–4040.5	КБА-73	Кипчак 1	4215–4218
КБА-107		3901.6–3913.4	КБА-78		3944–3947
КБА-110		4225.1–4228.2	КБА-80		3872–2875
КБА-111		4100.4–4104.5	КБА-81		4144–4147
КБА-108	Морозовская 1	2537–2541	КБА-75	Северо-кушкуль 1	2613.0–2621.2
	Надеждинская свита		КБА-77		2562.7–2571.0
КБА-82	Кипчак 1	5421–5423	КБА-79	Ахмерово 6	3563–3665
КБА-83	Аслы-куль 4	4131–4032		Леонидовская свита	
КБА-84		4095–4098	КБА-55	Ахмерово 6	3778.0–3780.3
КБА-85		4263–4267	КБА-57		3990–3993
	Тукаевская свита		КБА-66		4113–4018
КБА-86	Аслы-куль 4	3491.6	КБА-56	Шкапово 740	4139.48–4140.98
КБА-98		3390	КБА-58		3720.96–3721.16
КБА-99		3493	КБА-59	Морозовская 1	2250–2256
КБА-101		3445.5	КБА-63		2170–2175
КБА-87	Ахмерово 6	4029–4034	КБА-60	Куш-куль 100	3254.6–3257.3
КБА-92		3864–3866	КБА-64		3277.4–3281.4
КБА-95		3824–3828	КБА-61	Кипчак 1	3527–3529
КБА-96		4059–4062	КБА-65		3351–3354
КБА-88	Кипчак 1	4848–4850	КБА-62	Северо-кушкуль 1	1977.4–1985.0
КБА-94		5130–5132	КБА-67		2408.0–2416.5
КБА-102		5028–5030	КБА-68		1977.4–1985.0
КБА-89	Кабаково 62	5290–5291	КБА-69		2399.5–2408.0
КБА-93		5037–5037.5		Приютовская свита	
КБА-97		4835–4837	КБА-112	Шкапово 740	3090.38–3094.25
КБА-91		5252–5254	КБА-113		3143–3148
КБА-90	Куш-куль 100	4700–4701	КБА-120		3362.48–3366.38
КБА-100	Северо-кушкуль 1	3371.0–3374.5	КБА-115		3362.48–3366.38
	Ольховская свита		КБА-118		3143.2–3148.0
КБА-122	Аслы-куль 4	2943–2944	КБА-114	Ахмерово 6	3717–3719
КБА-123	Северо-кушкуль 1	2810–2815	КБА-116		3560–3561
	Усинская свита		КБА-117		3575–3576
КБА-70	Морозовская 1	2320–2325	КБА-119	Шихан 5	3660.0–3663.2
			КБА-121	Кабаково 62	3691–3692

Точки состава индивидуальных образцов глинистых пород прикамской, надеждинской, ольховской, усинской и приютовской свит на диаграмме $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3 - (\text{Fe}_2\text{O}_3^* + \text{MgO})/\text{SiO}_2$ (Юдович, Кетрис, 2000) сосредоточены преимущественно в полях V (хлорит-сметтит-иллитовые глины) и VI (иллитовые глины со значительной примесью дисперсных полевых шпатов) (рис. 3в). Усредненные точки состава глинистых сланцев и аргиллитов названных свит демонстрируют существование двух кластеров. К первому принадлежат глинистые по-

роды прикамской свиты, ко второму – глинистые породы четырех других свит (рис. 3г), хотя, если строго учитывать величины стандартных отклонений, то такая их группировка выглядит в значительной степени условной.

Уже из сказанного можно сделать определенный вывод, а именно, что и песчаники и глинистые породы рифея Камско-Бельского авлакогена не имеют каких-либо существенных различий валового химического состава. Соответственно, где бы в разрезе рифея авлакогена ни присутствовали

Таблица 2. Распределение образцов глинистых пород по свитам и скважинам

Table 2. Distribution of clay rock samples by the formations and boreholes

№ образца	Скважина	Интервал отбора, м	№ образца	Скважина	Интервал отбора, м
Прикамская свита			Тукаевская свита		
ПБ-51	Сулли 20007	3070–3075	ПБ-40	Кабаково 62	5237–5239
ПБ-17		3138–3145	ПБ-39		5353–5354
ПБ-22		3138–3145	Ольховская свита		
ПБ-16		3170–3173	ПБ-33	Кабаково 62	4483–4485
ПБ-47		3176–3180	ПБ-2		4656–4657
ПБ-18		3181–3190	ПБ-5		4656–4657
ПБ-37	Мензелино-Актаныш	3099–3101	ПБ-4		4762–4765
ПБ-50	20005	3197–3199	ПБ-13		4762–4765
ПБ-43		3197–3199	ПБ-44	Кипчак 1	4318–4320
ПБ-15		3199–3202	ПБ-48		4464–4467
ПБ-21	Мензелино-Актаныш	3249–3257	ПБ-46		4504–4507
ПБ-23	203	3305.9–3313.0	ПБ-45		4553–4556
ПБ-27		3305.9–3313.0	ПБ-31	Северо-кушкуль 1	2858–2864
ПБ-24		2989–2991	ПБ-6		2980–2986
ПБ-25		3048.0–3056.5	ПБ-28		3371–3374
ПБ-26		3257.0–3264.7	ПБ-30		3145–3148
Калтасинская свита			ПБ-12		3307–3315
ПБ-35	Арлан 7000	2448.8–2453.6	ПБ-11		3307–3315
ПБ-38		2551–2554	ПБ-8		3315.0–3319.5
ПБ-36		2551–2554	ПБ-29		3315.0–3319.5
ПБ-34		2554–2559	Усинская свита		
Надеждинская свита			ПБ-52	Сулли 20007	2782–2787
ПБ-49	Сулли 20007	2818–2820	ПБ-20		2785–2792
ПБ-53		2818–2820	ПБ-41		2785–2792
ПБ-42	Кабаково 62	5453–5454	ПБ-19		2785–2792
ПБ-1		5469–5471	Приютовская свита		
Тукаевская свита			ПБ-32	Шкапово 740	3511.6–3512.6
ПБ-14	Кабаково 62	4980–4981	ПБ-9		3564–3565
ПБ-3		5237–5239	ПБ-10		3575–3579
			ПБ-7		3582.8–3585.2

(или ни предполагались бы) перерывы, они, по всей видимости, какого-либо определенного влияния на состав обломочных пород не оказали. На этом статью можно было бы завершить, но мы все же посмотрим, как меняются химические составы песчанников и глинистых пород выше перерывов и ниже них в схемах 1–3.

ОБСУЖДЕНИЕ ФАКТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА

В схеме 1 в разрезе рифея Камско-Бельского авлакогена показаны два перерыва – предтукаевский и предусинский. Песчаники надеждинской свиты ($n = 4$), залегающие ниже предтукаевского перерыва, характеризуются средними величинами K_2O/Al_2O_3 и $SiO_2/Al_2O_3 - 0.42 \pm 0.14$ и 13.40 ± 6.67 . Тукаевские песчаники ($n = 17$) обладают средними зна-

чениями тех же параметров: 0.22 ± 0.11 и 21.00 ± 7.25 соответственно. Средняя величина Th/Sc для песчаников надеждинской свиты равна 3.94 ± 2.31 , а для песчаников тукаевской свиты – 3.75 ± 2.54 . Два других параметра (La/Co_{cp} и $(La/Yb)_{Ncp}$) составляют для надеждинских песчаников 6.05 ± 3.69 и 10.79 ± 3.16 соответственно, а для песчаников тукаевской свиты – 5.95 ± 2.78 и 11.25 ± 3.96 . Из сравнения всех приведенных средних значений индикаторных отношений с учетом величин стандартных отклонений очевиден вывод, что предтукаевский перерыв не оказал какого-либо выраженного влияния на литогеохимические характеристики песчаников, залегающих непосредственно ниже его поверхности и выше нее (рис. 4). Это позволяет считать также, что во время названного перерыва существенного изменения состава пород в области питания, по всей видимости, не было.

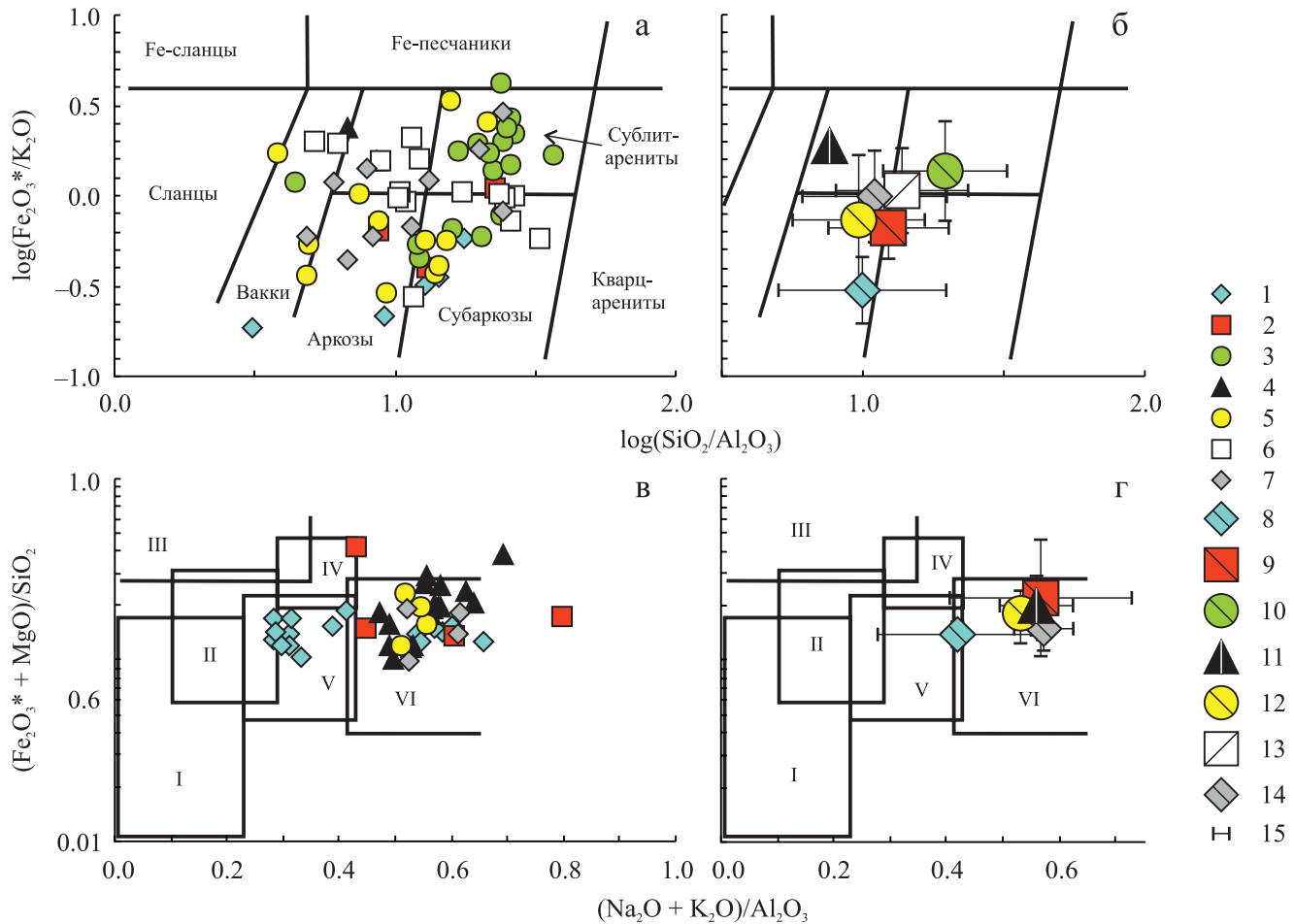


Рис. 3. Положение индивидуальных (а, в) и усредненных (б, г) фигуративных точек состава песчаников и глинистых пород рифея Камско-Бельского авлакогена на диаграммах $\log(\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)$ – $\log(\text{Fe}_2\text{O}_3^*/\text{K}_2\text{O})$ и $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3$ – $(\text{Fe}_2\text{O}_3^* + \text{MgO})/\text{SiO}_2$.

Свиты: 1 – прикамская; 2 – надеждинская; 3 – тукаевская; 4 – ольховская; 5 – усинская; 6 – леонидовская; 7 – приютовская (1–7 – индивидуальные образцы); 8–14 – те же свиты, усредненные точки; 15 – величина стандартного отклонения ($\pm 1\sigma$). Поля: I – преимущественно каолиновых глин; II – преимущественно смектитовых с примесью каолинита и иллита глин; III – преимущественно хлоритовых с примесью Fe-иллита глин; IV – хлорит-иллитовых глин; V – хлорит-смектит-иллитовых глин; VI – иллитовых глин со значительной примесью дисперсных полевых шпатов.

Fig. 3. Position of individual (а, в) and averaged (б, г) data points for the composition of the Riphean sandstones and clay rocks of the Kamsko-Belsk aulacogene on the $\log(\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)$ – $\log(\text{Fe}_2\text{O}_3^*/\text{K}_2\text{O})$ and $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3$ – $(\text{Fe}_2\text{O}_3^* + \text{MgO})/\text{SiO}_2$ diagrams.

Formations: 1 – Prikamsk; 2 – Nadezhdino; 3 – Tukaevo; 4 – Olkhovo; 5 – Usinsk; 6 – Leonidovo; 7 – Priyutovo (1–7 – individual samples); 8–14 – the same formations, averaged data points; 15 – standard deviation value ($\pm 1\sigma$).

Fields: I – predominantly kaolinite clays; II – predominantly smectite clays with an admixture of kaolinite and illite; III – predominantly chlorite clays with an admixture of Fe-illite; IV – chlorite-illite clays; V – chlorite-smectite-illite clays; VI – illite clays with a significant admixture of dispersed feldspars.

Ольховская свита, залегающая в разрезе рифея Камско-Бельского авлакогена, согласно схеме 1, ниже предусинского перерыва, представлена в нашей коллекции всего двумя образцами песчаников. Средние значения для них $\text{K}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$ и $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ равны 0.17 и 7.69 соответственно. Песчаники усинской свиты ($n = 12$) имеют средние величины перечисленных параметров: 0.30 ± 0.16 и 11.03 ± 5.38 . Средние значения Th/Sc , La/Co и $(\text{La}/\text{Yb})_N$ для пес-

чаников ольховской свиты составляют 2.16, 4.84 и 8.88 соответственно, а для залегающих выше перерыва усинских песчаников – 6.28 ± 7.77 (здесь для 9 образцов $\text{Th}/\text{Sc} < 6$, для 2 образцов – 26.2 и 15.9), 5.86 ± 3.31 и 9.72 ± 4.05 . Все сказанное показывает, что рассматриваемые нами литогеохимические характеристики песчаников, залегающих ниже предусинского перерыва и выше него, принципиальным образом не различаются и во время указанного пе-

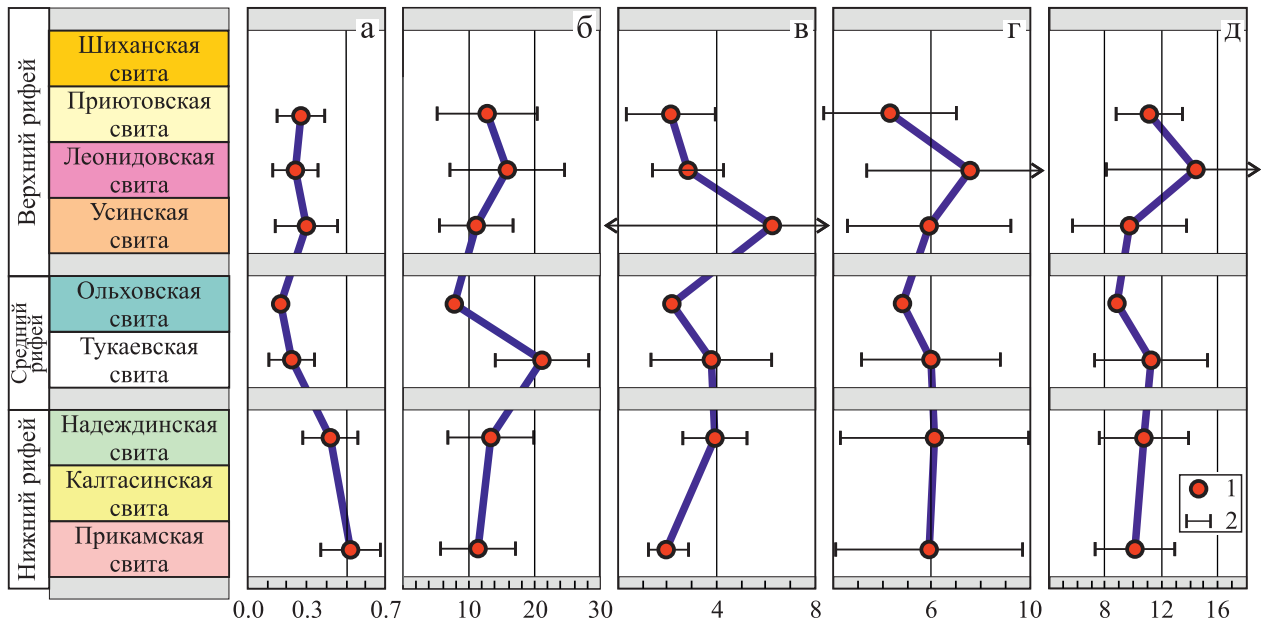


Рис. 4. Вариации средних для песчаников разных свит рифея Камско-Бельского авлакогена (схема 1) значений K_2O/Al_2O_3 (а), SiO_2/Al_2O_3 (б), Th/Sc (в), La/Co (г) и $(La/Yb)_N$ (д).

Здесь и на рис. 5–9: 1 – среднее значение индикаторного отношения; 2 – величина стандартного отклонения ($\pm 1\sigma$).

Fig. 4. Variations in averaged values for sandstones of different formations of the Riphean Kamsko-Belsk aulacogen (Scheme 1) of K_2O/Al_2O_3 (a), SiO_2/Al_2O_3 (б), Th/Sc (в), La/Co (г) and $(La/Yb)_N$ (д).

Here and in Fig. 5–9: 1 – the average value of the indicator ratio; 2 – standard deviation value ($\pm 1\sigma$).

перыва существенного изменения состава пород на палеоводосборах, по всей видимости, не произошло.

Сведений о валовом химическом составе (основные породообразующие оксиды) глинистых пород свит, залегающих ниже предтукаевского перерыва и выше него, в нашем распоряжении нет. Глинистые породы ольховской свиты ($n = 17$), залегающей непосредственно ниже предусинского перерыва, характеризуются средними величинами TiO_2/Al_2O_3 и K_2O/Al_2O_3 0.034 ± 0.003 и 0.50 ± 0.06 соответственно (рис. 5). Глинистые породы усинской свиты ($n = 4$) обладают значениями этих индикаторных отношений, равными 0.036 ± 0.002 и 0.49 ± 0.01 . Средние величины Th/Sc , La/Co и $(La/Yb)_N$ в глинистых породах ольховского стратиграфического уровня составляют 0.72 ± 0.14 , 1.53 ± 0.62 и 10.40 ± 3.69 , а для залегающих выше поверхности предусинского перерыва равны 0.89 ± 0.05 , 1.95 ± 0.33 и 12.90 ± 4.03 соответственно. Средние величины Th/Sc , La/Co и $(La/Yb)_N$ в глинистых сланцах ниже предтукаевского перерыва составляют 0.86 ± 0.06 , 1.63 ± 0.79 и 10.40 ± 4.15 , а выше – 0.76 ± 0.17 , 1.92 ± 1.13 и 10.60 ± 1.35 соответственно. В целом все приведенные средние величины различных индикаторных отношений, позволяющих так или иначе судить о составе пород на палеоводосборах, дают основание думать, что ни предтукаевский, ни предусинский

перерывы не оказали какого-либо значимого влияния на состав областей питания.

В схеме 2 перерыв в разрезе рифея Камско-Бельского авлакогена предполагается только один – между кабаковской свитой, залегающей выше надеждинской, и тукаевской. Данных о литогеохимических характеристиках песчаников и глинистых пород кабаковской свиты в нашем распоряжении нет, поэтому мы можем сравнивать только средние величины K_2O/Al_2O_3 , SiO_2/Al_2O_3 , TiO_2/Al_2O_3 , Th/Sc , La/Co и $(La/Yb)_N$, свойственные породам надеждинской и тукаевской свит, что уже было сделано при рассмотрении схемы 1 (см. рис. 4, 5). Естественно, что вывод об отсутствии какого-либо принципиального изменения литогеохимических особенностей песчаников и глинистых пород ниже предтукаевского перерыва и непосредственно выше него, как и состава пород на палеоводосборах, остается в силе и в данном случае (рис. 6, 7).

В схеме 3 присутствуют преднадеждинский/предсреднерифейский и предкипчакский/внутриверхнерифейский перерывы. Для характеристики последнего данных у нас нет. Для характеристики первого данных мало, следовательно, приводимые далее соображения следует рассматривать как ориентировочные. Литогеохимические особенности залегающих непосредственно выше предсреднерифейского перерыва песчаников надеждинской

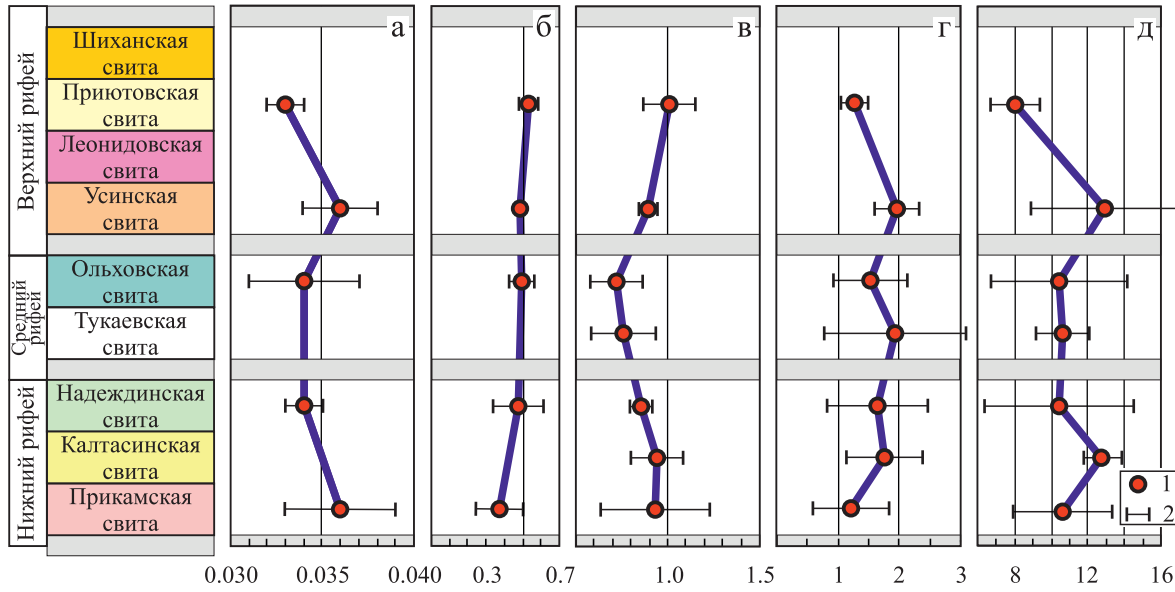


Рис. 5. Вариации средних для глинистых пород рифея Камско-Бельского авлакогена (схема 1) значений TiO_2/Al_2O_3 (а), K_2O/Al_2O_3 (б), Th/Sc (в), La/Co (г) и $(La/Yb)_N$ (д).

Fig. 5. Variations in the averaged values TiO_2/Al_2O_3 (a), K_2O/Al_2O_3 (б), Th/Sc (в), La/Co (г) and $(La/Yb)_N$ (д) for clay rocks of the Riphean Kamsko-Belsk aulacogen (Scheme 1).

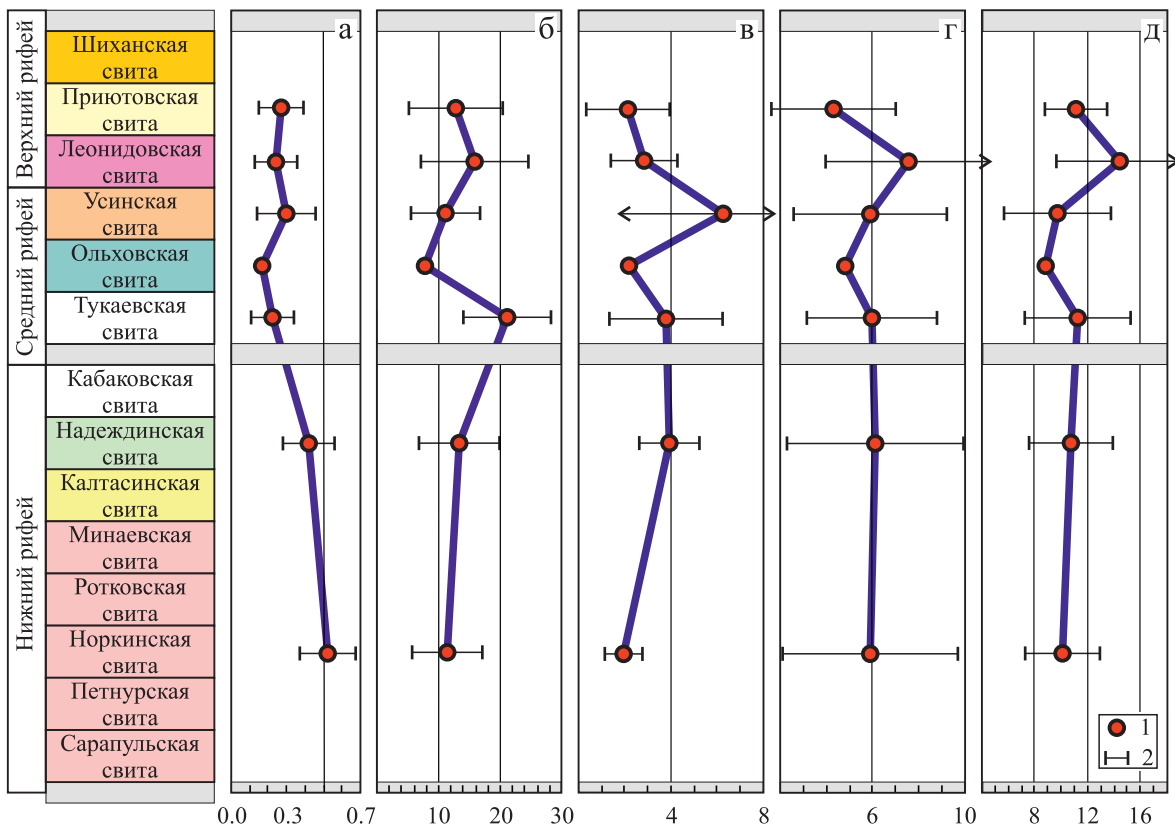


Рис. 6. Вариации средних для песчаников рифея Камско-Бельского авлакогена (схема 2) значений K_2O/Al_2O_3 (а), SiO_2/Al_2O_3 (б), Th/Sc (в), La/Co (г) и $(La/Yb)_N$ (д).

Fig. 6. Variations in the averaged values for the Riphean sandstones of the Kamsko-Belsk aulacogen (Scheme 2) for K_2O/Al_2O_3 (а), SiO_2/Al_2O_3 (б), Th/Sc (в), La/Co (г) and $(La/Yb)_N$ (д).

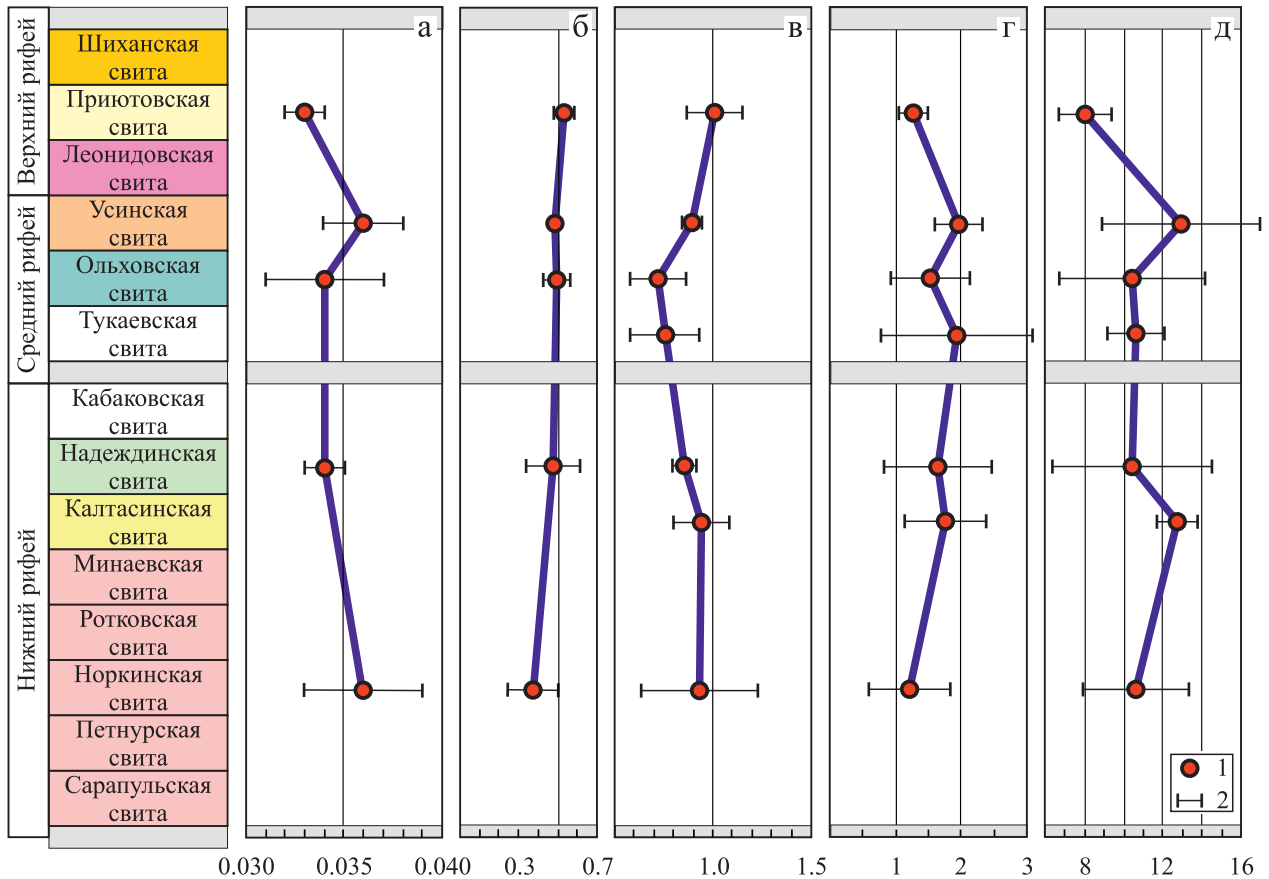


Рис. 7. Вариации средних для глинистых пород разных свит рифея Камско-Бельского авлакогена (схема 2) значений TiO_2/Al_2O_3 (а), K_2O/Al_2O_3 (б), Th/Sc (в), La/Co (г) и $(La/Yb)_N$ (д).

Fig. 7. Variations in averaged values for clay rocks of different formations of the Riphean Kamsko-Belsk aulacogen (Scheme 2) of TiO_2/Al_2O_3 (а), K_2O/Al_2O_3 (б), Th/Sc (в), La/Co (г) and $(La/Yb)_N$ (д).

свиты (K_2O/Al_2O_3 , SiO_2/Al_2O_3 , Th/Sc , La/Co и $(La/Yb)_N$) ничем принципиально не отличаются от аналогичных характеристик песчаников прикамского уровня (сигаевская, костинская, норкинская, ротковская и минаевская свиты) (рис. 8). Мы отдаем себе отчет в том, что это смелое допущение, но некоторое право на него дают нам незначительная роль песчаников в калтасинско-кабаковском интервале, а также сходство состава песчаников докалтасинского стратиграфического уровня и надеждинской свиты, предполагающее и определенное или существенное сходство состава пород питающих провинций.

Данных о валовом химическом составе (основные породообразующие оксиды) глинистых пород калтасинской и кабаковской свит у нас нет, но есть сведения о содержании редких и рассеянных элементов в глинистых сланцах калтасинской и надеждинской свит. В соответствии с ними глинистые породы калтасинского стратиграфического уровня, залегающего существенно ниже предсреднерифейского перерыва, и глинистые породы на-

деждинской свиты, залегающей, в соответствии со схемой 3, непосредственно выше названного перерыва, принципиально не различаются по средним величинам Th/Sc , La/Co и $(La/Yb)_N$ (0.94 ± 0.14 и 0.86 ± 0.06 , 1.76 ± 0.59 и 1.63 ± 0.79 , 12.71 ± 0.98 и 10.44 ± 4.15 соответственно) (рис. 9).

Как оценить значение приведенных данных? Наиболее выраженным перерывом в позднекембрийском разрезе Камско-Бельского авлакогена считается перерыв между рифеем и вендом. Есть ли различия между величинами рассматриваемых нами литогеохимических параметров обломочных пород, залегающих ниже поверхности предвендского перерыва и выше него? К сожалению, подобного рода тест затрудняет ряд обстоятельств. Во-первых, в составе байкибашевской свиты, начинающей разрез венда, почти нет глинистых пород. Во-вторых, байкибашевская свита залегает с размывом в основном на карбонатных породах шиханской свиты. Следовательно, сравнивать мы можем только индикаторные отношения в песчаниках приютовской (подстикает шиханскую свиту) и бай-

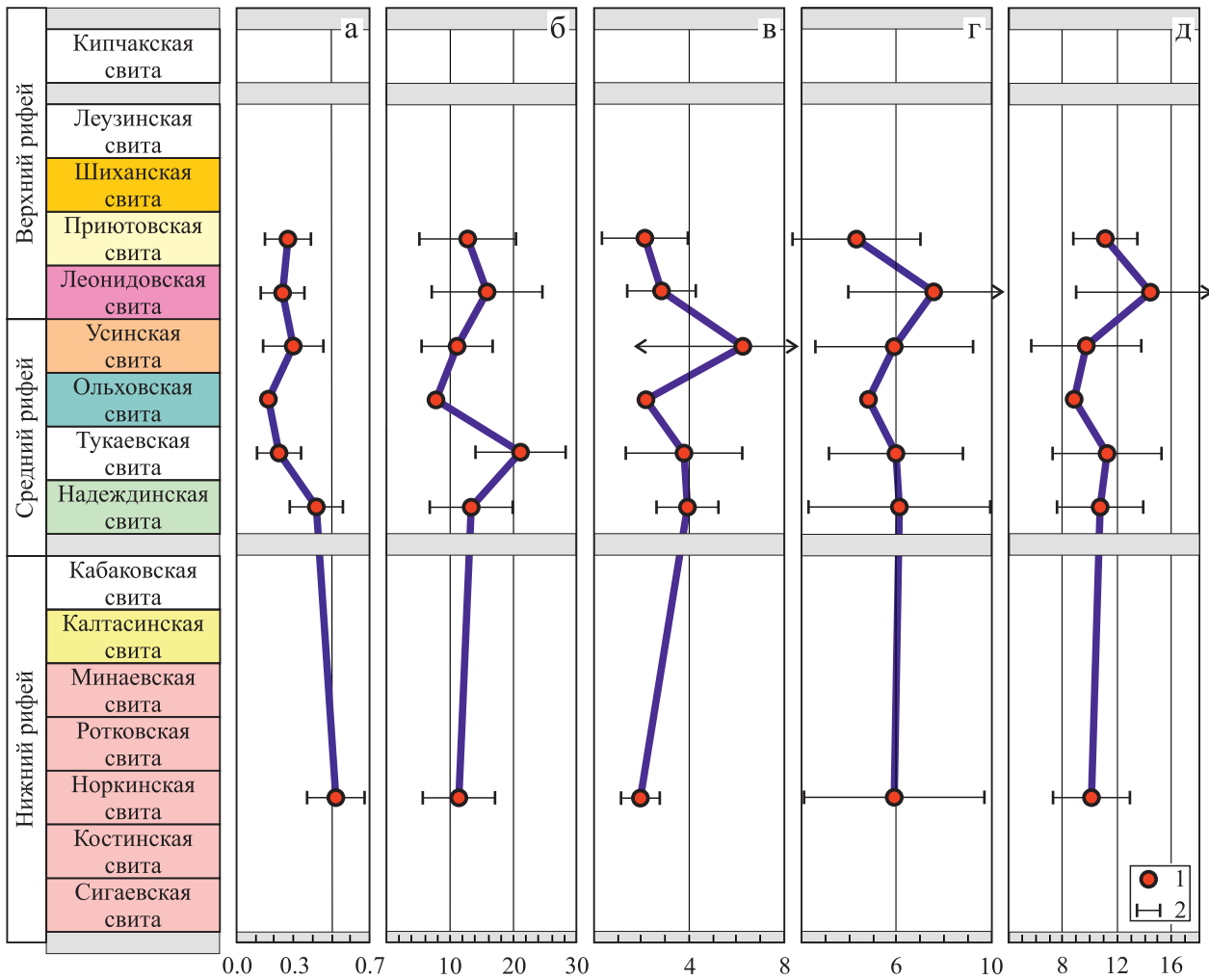


Рис. 8. Вариации средних для песчаников разных свит рифея Камско-Бельского авлакогена (схема 3) значений K_2O/Al_2O_3 (а), SiO_2/Al_2O_3 (б), Th/Sc (в), La/Co (г) и $(La/Yb)_N$ (д).

Fig. 8. Variations in the averaged values for the Riphean sandstones of the Kamsko-Belsk aulacogen (Scheme 3) for K_2O/Al_2O_3 (a), SiO_2/Al_2O_3 (б), Th/Sc (в), La/Co (г) and $(La/Yb)_N$ (д).

кибашевской свит, а это заметно снижает “чистоту” данного эксперимента. В нашем распоряжении имеются аналитические данные для 10 образцов песчаников приютовской свиты (отобраны в скважинах Шкапово 740, Ахмерово 6, Шихан 5 и Кабаково 62) и 11 образцов песчаников байкибашевской свиты (отобраны в скважинах Северо-кушкуль 1, Ахмерово 6, Кипчак 1 и Шихан 5) (Маслов, 2012). Средняя величина K_2O/Al_2O_3 для песчаников приютовской свиты равна 0.27 ± 0.12 . Это предполагает, что значения указанного параметра отвечают интервалу 0.15–0.40. Песчаники байкибашевской свиты обладают значением K_2O/Al_2O_{3cp} , равным 0.14 ± 0.05 (интервал 0.09–0.19). По данному показателю песчаники обеих свит скорее различаются, нежели похожи. Однако по четырем другим параметрам, рассматриваемым нами в данной статье, они в заметной степени сопоставимы (рис. 10).

Интервал значений SiO_2/Al_2O_3 для песчаников приютовского стратиграфического уровня равен 5.21–20.22, а для песчаников байкибашевской свиты – 5.69–10.25. Значения Th/Sc и La/Co в песчаниках приютовской свиты изменяются в пределах 0.30–3.90 и 1.66–6.95, а в песчаниках байкибашевской свиты они отвечают интервалам 0.64–3.77 и 0.37–6.93. Наконец, параметр $(La/Yb)_N$ для приютовских песчаников находится в интервале 8.82–13.51, а для песчаников байкибашевской свиты он варьирует от 9.92 до 22.81. Таким образом, следует признать, что и наиболее отчетливо выраженный в верхнедокембрийском разрезе Камско-Бельского авлакогена перерыв, по-видимому, не имеет адекватно яркого отражения в литогеохимических характеристиках песчаников. Связано это, вероятно, с рядом обстоятельств, но мы не будем на них здесь останавливаться.

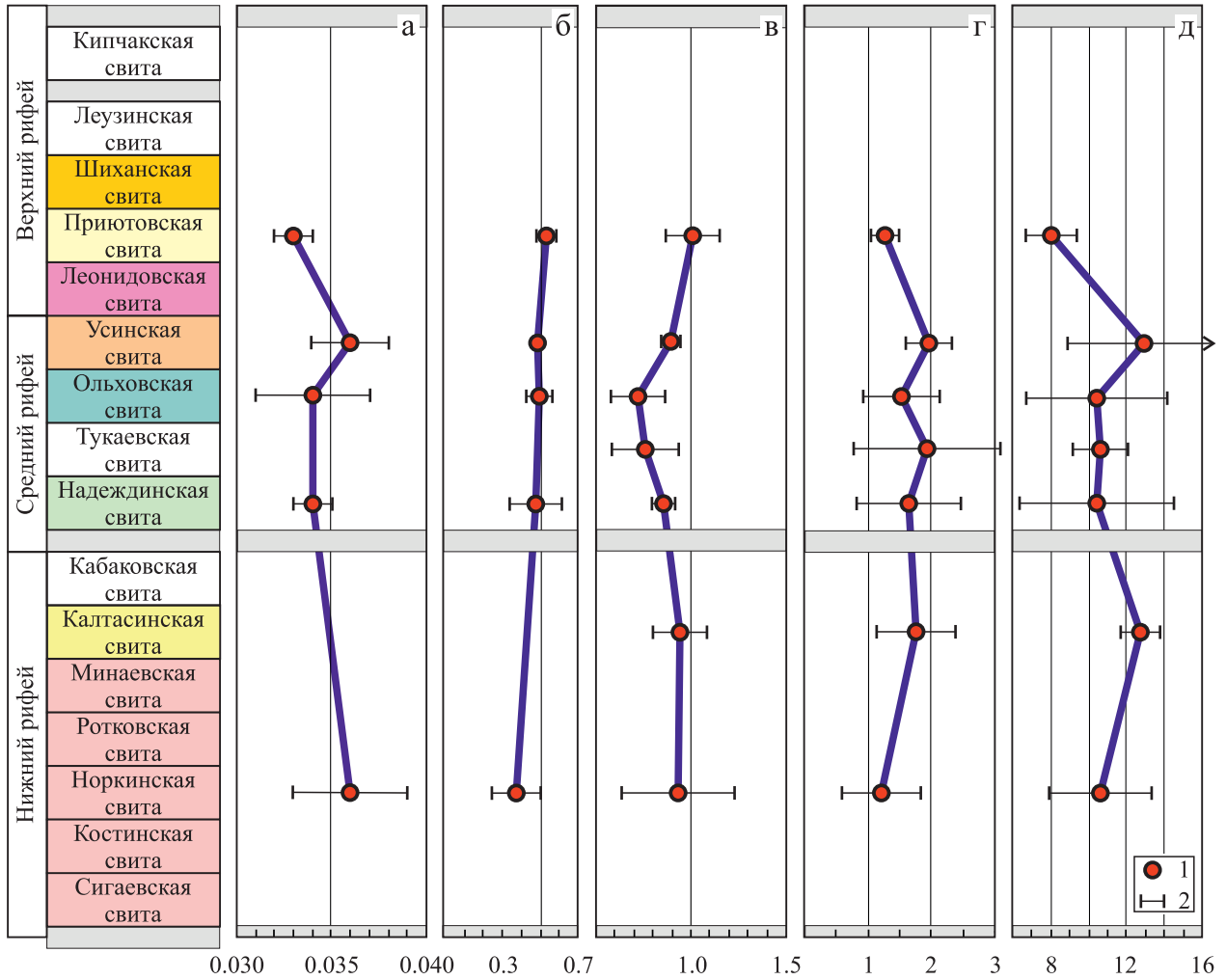


Рис. 9. Вариации средних для глинистых пород рифея Камско-Бельского авлакогена (схема 3) значений TiO_2/Al_2O_3 (а), K_2O/Al_2O_3 (б), Th/Sc (в), La/Co (г) и $(La/Yb)_N$ (д).

Fig. 9. Variations in averaged values for clay rocks of different formations of the Riphean Kamsko-Belsk aulacogen (Scheme 3) of TiO_2/Al_2O_3 (a), K_2O/Al_2O_3 (б), Th/Sc (в), La/Co (г) and $(La/Yb)_N$ (д).

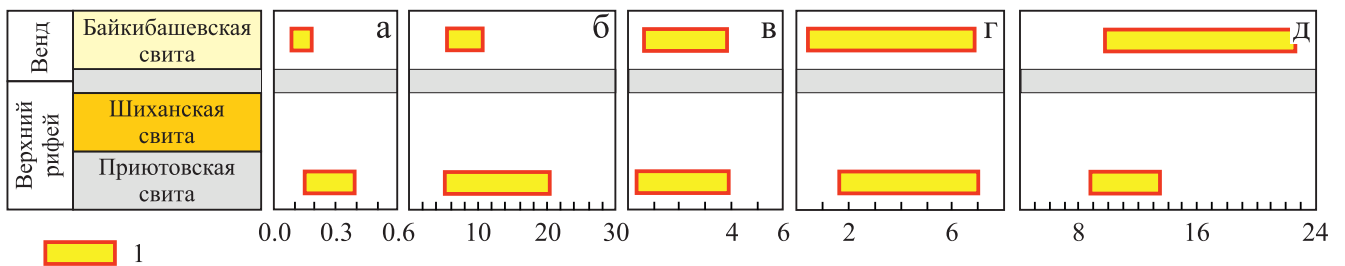


Рис. 10. Вариации значений K_2O/Al_2O_3 (а), SiO_2/Al_2O_3 (б), Th/Sc (в), La/Co (г) и $(La/Yb)_N$ (д) в песчаниках приютовской (рифей) и байкибашевской (венд) свит.

1 – интервал изменения значений параметра (среднее значение $\pm 1\sigma$). Остальные условные обозначения см. на рис. 4.

Fig. 10. Variations in K_2O/Al_2O_3 (a), SiO_2/Al_2O_3 (б), Th/Sc (в), La/Co (г), and $(La/Yb)_N$ (д) values in sandstones of the Priyutovo (Riphean) and Baikibashevo (Vendian) formations.

1 – interval of change of parameter values (mean value $\pm 1\sigma$). Other symbols see fig. 4.

ВЫВОДЫ

Представленные в настоящей работе материалы и обсуждение позволяют сделать по крайней мере три основных вывода. Однако следует иметь в виду, что это выводы скорее предварительные, составляющие задуматься и требующие верификации на более представительном материале.

Вывод первый состоит в том, что присутствующие в разрезе рифея Камско-Бельского авлакогена перерывы, природу, длительность и масштаб которых оценить в настоящее время все еще сложно, не оказали существенного влияния на средние значения ряда индикаторных отношений – показателей состава пород на палеоводосборах (K_2O/Al_2O_3 , SiO_2/Al_2O_3 , TiO_2/Al_2O_3 , Th/Sc , La/Co и $(La/Yb)_N$) в песчаниках и глинистых породах, залегающих ниже поверхностей перерывов и выше них.

Вывод второй можно сформулировать следующим образом – все сказанное дает основание считать, что кардинальных изменений состава пород на палеоводосборах, окружавших такую крупную отрицательную структуру, как Камско-Бельский авлакоген, в течение всего рифея не происходило, как не происходило и кардинальных изменений путей поступления кластики в область седиментации, связанную с названной структурой. Возможно, иной сценарий для авлакогенов предполагать трудно, но любые самые правдоподобные модели и сценарии только выигрывают, будучи подкрепленными цифрами.

Вывод третий предполагает, что рассмотренная нами задача, к сожалению, далека от корректного решения. Необходимо анализировать более представительные выборки и песчаников, и глинистых пород. Нужно, чтобы эти выборки представляли одни и те же скважины, т. е. районы/структуры Камско-Бельского авлакогена. Наконец, необходимо, чтобы подобного рода исследования были выполнены для разных районов авлакогена, так как можно предполагать, что более ярко изменения литогеохимических характеристик обломочных пород, залегающих ниже поверхностей перерывов и выше них, будет выражено не в центральной части авлакогена, а в его прибортовых районах. Однако так это или нет – еще предстоит узнать, хотя с течением времени шансы на успех стремительно снижаются.

Благодарности

Автор с большой теплотой вспоминает сотрудничество с М.В. Ишерской (Институт геологии Уфимского научного центра РАН, г. Уфа), позволившее познакомиться с разрезами многих глубоких скважин, вскрывших осадочные последовательности рифея и венда Камско-Бельского авлакогена. Автор искренне признателен Н.С. Глушковой, выполнившей все иллюстрации к данной работе, и анонимным рецензентам за полез-

ное и доброжелательное обсуждение поднятых в статье вопросов, замечания и рекомендации, большинство из которых было учтено.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Аксенов Е.М. (1998) История геологического развития Восточно-Европейской платформы в позднем протерозое. Дисс. ... докт. геол.-мин. наук в виде научного доклада. СПб.: ИГГД РАН, 106 с.
- Алексеев В.П., Амон Э.О. (2017) Седиментологические основы эндолитологии. Екатеринбург: УГГУ, 476 с.
- Алиев М.М., Морозов С.Г., Постникова И.Е. и др. (1977) Геология и нефтегазоносность рифейских и вендских отложений Волго-Уральской провинции. М.: Недра, 157 с.
- Амон Э.О. (2008) Стратиграфия. Екатеринбург: УГГУ, 366 с.
- Андреев Ю.В., Иванова Т.В., Келлер Б.М., Лисовский Н.Н., Морозов С.Г., Тагиров И.А., Янкаускас Т.В. (1981) Стратиграфия верхнего протерозоя восточной окраины Русской плиты и западного склона Южного Урала. *Изв. АН СССР. Сер. геол.*, (10), 57-68.
- Архипов И.В. (1985) Несогласия и перерывы в разрезах кайнозойских отложений обрамления Черного моря. *Бюл. МОИП. Отд. геол.*, **60**(1), 3-7.
- Барабашкин Е.Ю. (2001) Перерывы в геологической летописи: проблемы и способы решения. *Соросовский образ. журн.*, **7**(1), 57-63.
- Барабашкин Е.Ю., Веймарн А.Б., Копяевич Л.Ф., Найдин Д.П. (2002) Изучение стратиграфических перерывов при производстве геологической съемки. Методические рекомендации. М.: МГУ, 163 с.
- Безруков П.Л. (1962) Неравномерности распределения глубоководных осадков. *Океанология*, **2**(1), 9-26.
- Безруков П.Л. (1976) Перерывы в глубоководном осадконакоплении и их геологическое значение. *Палеонтология. Морская геология*. Междунар. геол. конгр. XXV сессия: Докл. сов. геологов. М.: Наука, 149-155.
- Белоконь Т.В., Горбачев В.И., Балашова М.М. (2001) Строение и нефтегазоносность рифейско-вендских отложений востока Русской платформы. Пермь: Звезда, 108 с.
- Вага Д.Д., Андреева-Григорович А.С., Супрун И.С. (2017) Региональное значение и объемы перерывов/несогласий в палеогеновых отложениях северной Тетической области. *Проблемы и перспективы нефтегазовой промышленности*, (1), 72-100.
- Горожанин В.М. (2009) Rb-Sr датирование неопротерозойских вулканитов по поствулканическому селадониту скважины Кипчак 1, Серноводско-Абдулинский авлакоген. *Изотопные системы и время геологических процессов*. Мат.-лы IV Рос. конф. по изотопной геохронологии. СПб.: ИП Каталкина, 145-147.
- Данбар К., Роджерс Дж. (1962) Основы стратиграфии. М.: ИЛ, 363 с.
- Дополнения к Стратиграфическому кодексу России. (2000) СПб.: ВСЕГЕИ, 112 с.
- Иванова З.П., Веселовская М.М., Клевцова А.А. и др. (1969) Нефтегазоносные и перспективные комплексы центральных и восточных областей Русской платформы. Т. I. Доордовикские отложения центральных и вос-

- точных областей Русской платформы. Л.: Недра, 168 с.
- Иванова Т.В. (1970) Некоторые вопросы седиментогенеза нижнерифейских отложений северо-западной Башкирии. *Стратиграфия и литология палеозоя Волго-Уральской области*. Казань: Казанский ФАН СССР, 7-14.
- Ишерская М.В., Романов В.А. (1993) К стратиграфии рифейских отложений Западной Башкирии. Уфа: ИГ УНЦ РАН, 35 с.
- Козлов В.И., Масагутов Р.Х., Ахметшин И.Н., Пучков В.Н., Иванова Т.В., Сергеева Н.Д. (2009) Верхний докембрий южного обрамления Красноуфимского выступа кристаллического фундамента. СПб.: Недра, 336 с.
- Козлов В.И., Муслимов Р.Х., Гатиятуллин Н.С., Генина Л.А., Сергеева Н.Д., Ларионов Н.Н., Михайлов П.Н., Баранов В.В. (1995) Верхний докембрий восточных районов Татарстана и перспективы его нефтегазоносности. Уфа: ИГ УНЦ РАН, 218 с.
- Козлов В.И., Пучков В.Н., Масагутов Р.Х., Иванова Т.В., Сергеева Н.Д., Горожанин В.М. (2007) Рифей-вендские отложения Камско-Бельского авлакогена, вскрытые скважиной 1 Восточно-Аскинская. СПб.: Недра, 136 с.
- Козлов В.И., Иванова Т.В., Горохов И.М., Масагутов Р.Х., Сергеева Н.Д., Овчинникова Г.В., Кузнецов А.Б., Генина Л.А., Михайлов П.Н., Илеменова О.Д. (2003) Литолого-петрографическая характеристика и перспективы нефтегазоносности доверхнедевонских отложений, вскрытых скважиной 1 Леузинская (северо-восток платформенного Башкортостана). Уфа: УНЦ РАН; БашНИПИнефть; ИГГД РАН, 40 с.
- Лагутенкова Н.С., Чепикова И.К. (1982) Верхнедокембрийские отложения Волго-Уральской области и перспективы их нефтегазоносности. М.: Наука, 110 с.
- Лисицын А.П. (1988) Лавинная седиментация и перерывы в осадконакоплении в морях и океанах. М.: Наука, 309 с.
- Лозин Е.В. (1994) Тектоника и нефтеносность платформенного Башкортостана. Ч. I. М.: ВНИИОЭНГ, 73 с.
- Маринова Ю.Г. (2018) Стратиграфические перерывы в осадочном чехле Восточно-Индийского хребта. *Стратиграфия. Геол. корреляция*, **26**(5), 68-81.
- Масагутов Р.Х. (2002) Литолого-стратиграфическая характеристика и палеогеография позднего докембрия Башкирского Приуралья. М.: Недра, 224 с.
- Маслов А.В. (2012) Литогеохимия терригенных пород верхнего докембрия Волго-Уральской области. Екатеринбург: РИО УрО РАН, 248 с.
- Маслов А.В. (2021) Верхний докембрий Южного Урала. *Стратиграфия верхнего докембрия: проблемы и пути решения*. Мат-лы VII Рос. конф. по проблемам геологии докембрия. СПб.: Свое издательство, 114-117.
- Маслов А.В. (2024) Некоторые литогеохимические и изотопно-геохимические особенности глинистых пород и перерывы в стратотипе рифея. *Литосфера*, **24**(1), 29-48.
- Маслов А.В., Гареев Э.З., Ишерская М.В. (2012) "Стандартные" дискриминантные палеогеодинамические диаграммы и платформенные песчаниковые ассоциации. *Отеч. геология*, (3), 55-65.
- Маслов А.В., Ишерская М.В. (1998) Осадочные ассоциации рифея Волго-Уральской области (условия формирования и литофациальная зональность). Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 286 с.
- Маслов А.В., Ишерская М.В. (2008) Тонкозернистые терригенные породы рифея Камско-Бельского прогиба: основные черты геохимической систематики. *Литосфера*, (2), 46-66.
- Маслов А.В., Ишерская М.В., Крупенин М.Т., Петрищева В.Г., Гуляева Т.Я., Горбунова Н.П. (2010) Литогеохимические особенности тонкозернистых терригенных пород рифея Камско-Бельского авлакогена и условия их формирования. *Литология и полез. ископаемые*, (2), 172-200.
- Маслов А.В., Ишерская М.В., Ронкин Ю.Л., Лепихина О.П. (2008а) Тонкозернистые терригенные породы рифея и венда Камско-Бельского прогиба: сопоставление основных геохимических характеристик. *Литосфера*, (3), 36-49.
- Маслов А.В., Кузнецов А.Б., Крамчанинов А.Ю., Шпакович Л.В., Гареев Э.З., Подковыров В.Н., Ковалев С.Г. (2022) Источники сноса верхнедокембрийских глинистых пород Южного Урала: результаты геохимических и Sm-Nd изотопно-геохимических исследований. *Стратиграфия. Геол. корреляция*, **30**(1), 33-54.
- Маслов А.В., Ножкин А.Д., Подковыров В.Н., Летникова Е.Ф., Туркина О.М., Гражданкин Д.В., Дмитриева Н.В., Ишерская М.В., Крупенин М.Т., Ронкин Ю.Л., Гареев Э.З., Вещева С.В., Лепихина О.П. (2008б) Геохимия тонкозернистых терригенных пород верхнего докембрия Северной Евразии. Екатеринбург: УрО РАН, 274 с.
- Мурашко Л.И. (2011) Историческая геология. Минск: БГУ, 147 с.
- Найдин Д.П. (1987) Перерывы и стратиграфия. *Бюл. МОИП. Отд. Геол.*, **62**(6), 69-75.
- Наливкин Д.В. (1974) Проблемы перерывов. *Этюды по стратиграфии*. (Под ред. А.Л. Яншина). М.: Наука, 10-21.
- Ожиганова Л.Д. (1983) Нижний рифей Западной Башкирии. *Стратиграфия и литология верхнего докембрия и палеозоя Южного Урала и Приуралья*. Уфа: БФАН СССР, 33-39.
- Пиррус Э. (1993) Стратиграфия и перерывы. *Изв. Эст. АН. Геология*, **14**(1), 45-54.
- Пиррус Э., Эйнасто Р. (1987) Классификация стратиграфических пробелов и седиментационных перерывов в палеозое Прибалтики. *Изв. АН Эст. ССР. Геология*, **36**(1), 36-45.
- Постникова И.Е. (1977) Верхний докембрий Русской плиты и его нефтеносность. М.: Недра, 222 с.
- Рабочая схема стратиграфии и корреляции разрезов верхнего протерозоя Западной Башкирии. Методические рекомендации. (1981) Уфа: БФАН СССР, 35 с.
- Романов В.А. (2004) Литолого-палеогеографические схемы и разрезы платформенного Башкортостана для раннерифейских веков. *Геологический сборник № 4. Информационные материалы*. Уфа: ИГ УНЦ РАН, 67-70.
- Романов В.А., Ишерская М.В. (1994) К изучению рифейских отложений Западной Башкирии. Уфа: ИГ УНЦ РАН, 32 с.
- Романов В.А., Ишерская М.В. (2005) О рифейских отложениях платформенного Башкортостана. *Геология. Изв. Отделения наук о Земле АН РБ*, (10), 41-48.

- Романов В.А., Ишерская М.В. (1998) Стратиграфия рифея платформенного Башкортостана. Уфа: ИГ УНЦ РАН, 36 с.
- Романов В.А., Ишерская М.В. (1999) Стратиграфия рифея платформенного Башкортостана. *Стратиграфия, палеонтология и перспективы нефтегазоносности рифейских и вендских отложений восточной части Восточно-Европейской платформы*. Ч. 2. Уфа: ИГ УНЦ РАН, 59-60.
- Романов В.А., Ишерская М.В. (2001) Рифей платформенного Башкортостана: стратиграфия, тектоника и перспективы нефтегазоносности. Уфа: Гилем, 126 с.
- Романов В.А., Ишерская М.В., Мустафин Ш.А. (2004) К тектонике допалеозойских отложений платформенного Башкортостана (по данным сейсморазведки МОГТ). *Геологический сборник № 4. Информационные материалы*. Уфа: ИГ УНЦ РАН, 10-14.
- Романов В.А., Ишерская М.В., Мустафин Ш.А. (2006) Литолого-палеогеографические обстановки и тектонические процессы в среднем и позднем рифее на территории платформенного Башкортостана. *Геологический сборник № 5. Информационные материалы*. Уфа: ИГ УНЦ РАН, 10-17.
- Сергеева Н.Д., Пучков В.Н., Карасева Т.В. (2021) Верхний протерозой (рифей и венд) Волго-Уральской области в параметрических и глубоких скважинах. Уфа: Книга-Принт, 196 с.
- Сиротин В.И., Трегуб А.И., Ненахов В.М. (2000) Классификация и геодинамическая интерпретация перерывов в осадконакоплении Воронежской антеклизы. *Литология и полез. ископаемые*, (2), 181-191.
- Ситчихин О.В. (2009) Строение и нефтегазоносность рифейских пород северо-востока Волго-Уральского бассейна (Пермский край). *Нефтегазовое дело*, (1), 1-49.
- Староверов В.Н. (2013) Перерывы в разрезах палеозоя на юго-востоке Русской плиты. *Вестн. ВГУ. Сер.: Геология*, (2), 40-45.
- Стратиграфическая схема рифейских и вендских отложений Волго-Уральской области (2000) Объясн. зап. (Отв. ред. Е.М. Аксенов, В.И. Козлов). Уфа: ИГ УНЦ РАН; ЦНИИГеолнеруд; БашНИПИНефть, 81 с.
- Стратиграфический кодекс России. (2006) Изд. 3-е. СПб.: ВСЕГЕИ, 96 с.
- Стратотип рифея. Стратиграфия. Геохронология. (1983) (Отв. ред. Б.М. Келлер, Н.М. Чумаков). М.: Наука, 184 с.
- Эйнасто Р.Э. (1989) Система перерывов в силуре Северной Прибалтики. *Геология и палеонтология*. Л.: Наука, 255 с.
- Юдович Я.Э., Кетрис М.П. (2000) Основы литохимии. СПб.: Наука, 479 с.
- Яблоков В.С. (1973) Перерывы в морском осадконакоплении и палеореки (в рифее-палеозое Русской платформы). М.: Наука, 216 с.
- Ялышева А.И., Маслов А.В. (2013) Песчаники верхнего докембрия Волго-Уральской области: минералогическая и литогеохимические особенности, условия формирования. *Литология и полез. ископаемые*, (4), 383-412.
- Allen P., Allen J. (2005) Basin analysis: principles and applications. Oxford: Blackwell Publ., 560 p.
- Herron M.M. (1988) Geochemical classification of terrigenous sands and shales from core or log data. *J. Sed. Petrol.*, **58**, 820-829.
- Vail P.R., Mitchum J.R.M., Thompson S. (1977) Seismic Stratigraphy and Global Changes of Sea Level. *Seismic Stratigraphy – Application to Hydrocarbon Exploration*. AAPG Memoirs, **26**, 49-212.

REFERENCES

- Additions to the Stratigraphic Code of Russia (2000) St.Petersburg, VSEGEI, 112 p. (In Russ.)
- Aksenov E.M. (1998) History of the geological development of the East European Platform in the Late Proterozoic. Doc. geol. and min. sci. diss. St.Petersburg, IGGD RAN, 106 p. (In Russ.)
- Alekseev V.P., Amon E.O. (2017) Sedimentological foundations of endolithology. Ekaterinburg, UGGU, 476 p. (In Russ.)
- Aliiev M.M., Morozov S.G., Postnikova I.E. et al. (1977) Geology and oil and gas potential of the Riphean and Vendian deposits of the Volga-Ural province. Moscow, Nedra Publ., 157 p. (In Russ.)
- Allen P., Allen J. (2005) Basin analysis: principles and applications. Oxford, Blackwell Publ., 560 p.
- Amon E.O. (2008) Stratigraphy. Ekaterinburg, UGGU, 366 p. (In Russ.)
- Andreev Yu.V., Ivanova T.V., Keller B.M., Lisovsky N.N., Morozov S.G., Tagirov I.A., Yankauskas T.V. (1981) Upper Proterozoic stratigraphy of the eastern margin of the Russian Plate and the western slope of the Southern Urals. *Izv. AN SSSR. Ser. Geol.*, (10), 57-68. (In Russ.)
- Arkhipov I.V. (1985) Unconformities and hiatuses in sections of Cenozoic deposits framing the Black Sea. *Bul. MOIP. Otd. Geol.*, **60**(1), 3-7. (In Russ.)
- Baraboshkin E.Yu. (2001) Breaks in the geological record: problems and solutions. *Sorosovskii obraz. zhurn.*, **7**(1), 57-63. (In Russ.)
- Baraboshkin E.Yu., Veimarn A.B., Kopaeovich L.F., Naidin D.P. (2002) The study of stratigraphic breaks in the production of geological surveys. Guidelines. Moscow, MGU, 163 p. (In Russ.)
- Belokon T.V., Gorbachev V.I., Balashova M.M. (2001) Structure and oil and gas potential of the Riphean-Vendian deposits in the east of the Russian platform. Perm, Zvezda Publ., 108 p. (In Russ.)
- Bezrukov P.L. (1976) Breaks in deep-sea sedimentation and their geological significance. *Paleontology. Marine geology*. International geol. Congr. XXV session: Report. sov. geologists. Moscow, Nauka Publ., 149-155. (In Russ.)
- Bezrukov P.L. (1962) Uneven distribution of deep-water sediments. *Okeanologiya*, **2**(1), 9-26. (In Russ.)
- Dunbar C., Rogers J. (1962) Fundamentals of stratigraphy. Moscow, IL, 363 p. (In Russ.)
- Einasto R.E. (1989) System of hiatuses in the Silurian of Northern Baltic. *Geology and paleontology*. Leningrad, Nauka Publ., 255 p. (In Russ.)
- Gorozhanin V.M. (2009) Rb-Sr dating of Neoproterozoic volcanics based on postvolcanic celadonite from the Kipchak 1 borehole, Sernovodsk-Abdulino aulacogen. *Isotope systems and time of geological processes*. Proceedings of the IV Russian conf. on isotope geochronology. St.Petersburg, IP Katalkina, 145-147. (In Russ.)
- Herron M.M. (1988) Geochemical classification of terrigenous sands and shales from core or log data. *J. Sed. Petrol.*, **58**, 820-829.

- rol., **58**, 820-829.
- Isherskaya M.V., Romanov V.A. (1993) On the stratigraphy of the Riphean deposits of Western Bashkiria. Ufa, IG UNTs RAN, 35 p. (In Russ.)
- Ivanova T.V. (1970) Some issues of sedimentogenesis of the Lower Riphean deposits of northwestern Bashkiria. *Stratigraphy and lithology of the Paleozoic of the Volga-Ural region*. Kazan, Kazanskii FAN SSSR, 7-14. (In Russ.)
- Ivanova Z.P., Veselovskaya M.M., Klevtsova A.A. et al. (1969) Oil and gas-bearing and prospective complexes of the central and eastern regions of the Russian platform. V. I. Pre-Ordovician deposits of the central and eastern regions of the Russian platform. Leningrad, Nedra Publ., 168 p. (In Russ.)
- Kozlov V.I., Ivanova T.V., Gorokhov I.M., Masagutov R.Kh., Sergeeva N.D., Ovchinnikova G.V., Kuznetsov A.B., Genina L.A., Mikhailov P.N., Ilemenova O.D. (2003) Lithological and petrographic characteristics and oil and gas potential of pre-Upper Devonian deposits discovered by well 1 Leuzinskaya (north-east of platform Bashkortostan). Ufa, UNTs RAN; BaSHNIPIneft; IGGD RAN, 40 p. (In Russ.)
- Kozlov V.I., Masagutov R.Kh., Akhmetshin I.N., Puchkov V.N., Ivanova T.V., Sergeeva N.D. (2009) Upper Precambrian of the southern framing of the Krasnoufimsky ledge of the crystalline basement. St.Petersburg, Nedra Publ., 336 p. (In Russ.)
- Kozlov V.I., Muslimov R.Kh., Gatiyatullin N.S., Genina L.A., Sergeeva N.D., Larionov N.N., Mikhailov P.N., Baranov V.V. (1995) Upper Precambrian of the eastern regions of Tatarstan and the prospects for its oil and gas potential. Ufa, IG UNTs RAN, 218 p. (In Russ.)
- Kozlov V.I., Puchkov V.N., Masagutov R.Kh., Ivanova T.V., Sergeeva N.D., Gorozhanin V.M. (2007) Riphean-Vendian deposits of the Kama-Belsky aulacogen, penetrated by borehole 1 Vostochno-Askinskaya. St.Petersburg, Nedra Publ., 136 p. (In Russ.)
- Lagutenkova N.S., Chepikova I.K. (1982) Upper Precambrian deposits of the Volga-Ural region and the prospects for their oil and gas potential. Moscow, Nauka Publ., 110 p. (In Russ.)
- Lisitsyn A.P. (1988) Avalanche sedimentation and breaks in sedimentation in the seas and oceans. Moscow, Nauka Publ., 309 p. (In Russ.)
- Lozin E.V. (1994) Tectonics and oil content of platform Bashkortostan. Pt I. Moscow, VNIIOENG, 73 p. (In Russ.)
- Marinova Yu.G. (2018) Stratigraphic breaks in the sedimentary cover of the East Indian Ridge. *Stratigr. Geol. Korrel.*, **26**(5), 68-81. (In Russ.)
- Masagutov R.Kh. (2002) Lithological-stratigraphic characteristics and paleogeography of the Late Precambrian of the Bashkir Cisurals. Moscow, Nedra Publ., 224 p. (In Russ.)
- Maslov A.V. (2012) Lithogeochemistry of terrigenous rocks of the Upper Precambrian of the Volga-Ural region. Ekaterinburg, RIO UrO RAN, 248 p. (In Russ.)
- Maslov A.V. (2024) Some lithogeochemical and isotope-geochemical features of clayey rocks and hiatuses in the Riphean stratotype. *Lithosphere (Russia)*, **24**(1), 29-48. (In Russ.)
- Maslov A.V. (2021) Upper Precambrian of the Southern Urals. *Stratigraphy of the Upper Precambrian: problems and solutions*. Proceedings of the VII Russian Conf. on problems of Precambrian geology. St.Petersburg, Svoe izdatel'stvo, 114-117. (In Russ.)
- Maslov A.V., Gareev E.Z., Isherskaya M.V. (2012) "Standard" discriminant paleogeodynamic diagrams and platform sandstone associations. *Otech. Geologiya*, (3), 55-65. (In Russ.)
- Maslov A.V., Isherskaya M.V. (1998) Sedimentary associations of the Riphean of the Volga-Ural region (formation conditions and lithofacies zoning). Ekaterinburg, IGG UrO RAN, 286 p. (In Russ.)
- Maslov A.V., Isherskaya M.V. (2008) Fine-grained terrigenous rocks of the Riphean Kama-Belsky trough: main features of geochemical systematics. *Lithosphere (Russia)*, (2), 46-66. (In Russ.)
- Maslov A.V., Isherskaya M.V., Krupenin M.T., Petrishcheva V.G., Gulyaeva T.Ya., Gorbunova N.P. (2010) Lithogeochemical features of fine-grained terrigenous rocks of the Riphean Kama-Belsky aulacogen and conditions of their formation. *Litol. Polez. Iskop.*, (2), 172-200. (In Russ.)
- Maslov A.V., Isherskaya M.V., Ronkin Yu.L., Lepikhina O.P. (2008b) Fine-grained terrigenous rocks of the Riphean and Vendian Kama-Belskaya trough: comparison of the main geochemical characteristics. *Lithosphere (Russia)*, (3), 36-49. (In Russ.)
- Maslov A.V., Kuznetsov A.B., Kramchaninov A.Yu., Shpakovich L.V., Gareev E.Z., Podkovyrov V.N., Kovalev S.G. (2022) Sources of removal of the Upper Precambrian clayey rocks of the Southern Urals: results of geochemical and Sm-Nd isotope-geochemical studies. *Stratigr. Geol. Korrel.*, **30**(1), 33-54. (In Russ.)
- Maslov A.V., Nozhkin A.D., Podkovyrov V.N., Letnikova E.F., Turkina O.M., Grazhdankin D.V., Dmitrieva N.V., Isherskaya M.V., Krupenin M.T., Ronkin Yu.L., Gareev E.Z., Veshcheva S.V., Lepikhina O.P. (2008a) Geochemistry of fine-grained terrigenous rocks of the Upper Precambrian of Northern Eurasia. Ekaterinburg, UrO RAN, 274 p. (In Russ.)
- Murashko L.I. (2011) Historical geology. Minsk, BGU, 147 p. (In Russ.)
- Naidin D.P. (1987) Breaks and stratigraphy. *Bull. MOIP. Otd. Geol.*, **62**(6), 69-75. (In Russ.)
- Nalivkin D.V. (1974) Problems of breaks. *Etudes on stratigraphy*. (Ed. by A.L. Yanshin). Moscow, Nauka Publ., 10-21. (In Russ.)
- Ozhiganova L.D. (1983) Lower Riphean of Western Bashkiria. *Stratigraphy and lithology of the Upper Precambrian and Paleozoic of the Southern Urals and the Urals*. Ufa, BFAN SSSR, 33-39. (In Russ.)
- Pirrus E. (1993) Stratigraphy and breaks. *Izv. Ehst. AN. Geologiya*, **14**(1), 45-54. (In Russ.)
- Pirrus E., Einasto R. (1987) Classification of stratigraphic gaps and sedimentation gaps in the Baltic Paleozoic. *Izv. AN Ehst. SSR. Geologiya*, **36**(1), 36-45. (In Russ.)
- Postnikova I.E. (1977) Upper Precambrian of the Russian Plate and its oil content. Moscow, Nedra Publ., 222 p. (In Russ.)
- Riphean stratotype. *Stratigraphy. Geochronology*. (1983) (Eds by B.M. Keller, N.M. Chumakov). Moscow, Nauka Publ., 184 p. (In Russ.)
- Romanov V.A. (2004) Lithological-paleogeographic schemes and sections of the platform Bashkortostan for the early Riphean ages. *Geological collection No. 4. Information materials*. Ufa, IG UNTs RAN, 67-70. (In Russ.)

- Romanov V.A., Isherskaya M.V. (2005) On the Riphean deposits of platform Bashkortostan. *Geologiya. Izv. Otdeleniya nauk o Zemle AN RB*, (10), 41-48. (In Russ.)
- Romanov V.A., Isherskaya M.V. (1998) Riphean stratigraphy of platform Bashkortostan. Ufa, IG UNTs RAN, 36 p. (In Russ.)
- Romanov V.A., Isherskaya M.V. (1999) Riphean stratigraphy of platform Bashkortostan. *Stratigraphy, paleontology and oil and gas potential of the Riphean and Vendian deposits of the eastern part of the East European Platform*. Pt 2. Ufa, IG UNTs RAN, 59-60. (In Russ.)
- Romanov V.A., Isherskaya M.V. (2001) Riphean of platform Bashkortostan: stratigraphy, tectonics and oil and gas potential. Ufa, Guilem Publ., 126 p. (In Russ.)
- Romanov V.A., Isherskaya M.V. (1994) To the study of the Riphean deposits of Western Bashkiria. Ufa, IG UNTs RAN, 32 p. (In Russ.)
- Romanov V.A., Isherskaya M.V., Mustafin Sh.A. (2006) Lithological-paleogeographic settings and tectonic processes in the Middle and Late Riphean on the territory of platform Bashkortostan. *Geological collection no. 5. Information materials*. Ufa, IG UNTs RAN, 10-17. (In Russ.)
- Romanov V.A., Isherskaya M.V., Mustafin Sh.A. (2004) On the tectonics of the pre-Paleozoic deposits of platform Bashkortostan (according to CDP seismic data). *Geological collection no. 4. Information materials*. Ufa, IG UNTs RAN, 10-14. (In Russ.)
- Sergeeva N.D., Puchkov V.N., Karaseva T.V. (2021) Upper Proterozoic (Riphean and Vendian) of the Volga-Ural region in parametric and deep wells. Ufa, Kniga-Print Publ., 196 p. (In Russ.)
- Sirotnin V.I., Tregub A.I., Nenakhov V.M. (2000) Classification and geodynamic interpretation of hiatuses in sedimentation of the Voronezh anticline. *Litol. Polez. Iskop.*, (2), 181-191. (In Russ.)
- Sitchikhin O.V. (2009) Structure and oil and gas content of Riphean rocks in the northeast of the Volga-Ural basin (Perm Territory). *Neftegazovoye delo*, (1), 1-49. (In Russ.)
- Staroverov V.N. (2013) Breaks in Paleozoic sections in the southeast of the Russian Plate. *Vestn. VGU. Ser.: Geologiya*, (2), 40-45. (In Russ.)
- Stratigraphic Code of Russia. (2006) Third edition. St.Petersburg, VSEGEI, 96 p. (In Russ.)
- Stratigraphic scheme of the Riphean and Vendian deposits of the Volga-Ural region. (2000) Explanatory letter. (Eds by E.M. Aksenov, V.I. Kozlov). Ufa, IG UNTs RAN; TsNII Geolnerud; BashNIPneft, 81 p. (In Russ.)
- Vail P.R., Mitchum J.R.M., Thompson S. (1977) Seismic Stratigraphy and Global Changes of Sea Level. *Seismic Stratigraphy – Application to Hydrocarbon Exploration. AAPG Memoirs*, **26**, 49-212.
- Waga D.D., Andreeva-Grigorovich A.S., Suprun I.S. (2017) Regional significance and extent of hiatuses/unconformities in the Paleogene deposits of the Northern Tethyan region. *Problemy i perspektivy neftegazovoi promyshlennosti*, (1), 72-100. (In Russ.)
- Working scheme of stratigraphy and correlation of sections of the Upper Proterozoic of Western Bashkiria: Guidelines. (1981) Ufa, BF AN SSSR, 35 p. (In Russ.)
- Yablokov V.S. (1973) Interruptions in marine sedimentation and paleo-rivers (in the Riphean-Paleozoic of the Russian platform). Moscow, Nauka Publ., 216 p. (In Russ.)
- Yalysheva A.I., Maslov A.V. (2013) Upper Precambrian sandstones of the Volga-Ural region: mineralogical-petrographic and lithochemical features, formation conditions. *Litol. Polez. Iskop.*, (4), 383-412. (In Russ.)
- Yudovich Ya.E., Ketris M.P. (2000) Fundamentals of lithochemistry. St.Petersburg, Nauka Publ., 479 p. (In Russ.)