

Ретроспектива (2010–2024 гг.) исследований по геологии рифея Южного Урала. Статья 3. Публикации по минерализации и минерагении

А. В. Маслов^{1,2}

¹Институт геологии и геохимии им. академика А.Н. Заварицкого УрО РАН, 620110, г. Екатеринбург, ул. Академика Вонсовского, 15

²Геологический институт РАН, 119017, г. Москва, Пыжевский пер., 7/1, e-mail: amas2004@mail.ru

Поступила в редакцию 14.01.2025 г., принята к печати 27.02.2025 г.

Объектами исследования являются опубликованные в 2010 г. – октябре 2024 г. и размещенные в Научной электронной библиотеке на платформе eLibrary.ru разнообразные статьи и заметки по минерагении и минерализации пород рифея одной из крупнейших структур западного склона Южного Урала – Башкирского мегантиклинория. Разрезы рифея западного крыла названной структуры являются стратотипическими для рифейской группы. *Материал и метод.* Выполнен анализ полученных в результате многолетних работ авторов из разных регионов России новых фактов, представлений и гипотез о минерализации и минерагении территории развития отложений рифея. *Результаты.* Знакомство с результатами исследований по различным аспектам минерагении и минерализации осадочных и магматических пород рифея Башкирского мегантиклинория, размещенными в Научной электронной библиотеке, показало, что за последние 10–15 лет опубликовано значительное количество работ, посвященных как небольшим конкретным вопросам и фактам, так и крупных исследований, в которых на основе комплекса разнообразных данных (от собственно геологических до изотопно-геохимических) предложены модели формирования различных месторождений. Среди них – магнезиты, сидериты, флюориты, руды Fe-V-Ti в дифференцированных массивах габбро и др. *Выводы.* Анализ всех рассмотренных в данном обзоре публикаций позволяет читателю получить представление о современных результатах исследований, как разнообразной минерализации (Au, ЭПГ, Au-Pt, Pd-Au редкометаллическая минерализация, минералы U и Th, РЗЭ фазы сложного состава, самородное Ag и соединения Ag, в том числе фурутобит и сульфоселеноарсенид Au и Ag, Mo-содержащий галенит и пирротин со значимым содержанием Au, Se и Mo и др.) в магматических и осадочных породах, так и локализованных среди осадочных последовательностей рифея Башкирского мегантиклинория крупных и уникальных месторождений. Многие из этих исследований находятся на самом высоком уровне.

Ключевые слова: Южный Урал, рифей, результаты исследований, 2010–2024 гг.

Источник финансирования

Исследования проведены в соответствии с темами государственных заданий ИГТ УрО РАН (номер госрегистрации 123011800013-6) и ГИН РАН (FMMG-2023-0004)

A retrospective (2010–2024) review of research on the Riphean geology of the Southern Urals. Article 3. Publications on mineralization and minerageny

Andrey V. Maslov^{1,2}

¹A.N. Zavaritsky Institute of Geology and Geochemistry, UB RAS, 15 Academician Vonsovsky st., Ekaterinburg 620110, Russia

²Geological Institute, RAS, 7/1 Pyzhevsky lane, Moscow 119017, Russia, e-mail: amas2004@mail.ru

Received 14.01.2025, accepted 27.02.2025

Research subject. Research articles and notes published during the period from 2010 to October 2024 and available at the Scientific Electronic Library on the eLibrary.ru platform on the minerageny and mineralization of Riphean rocks in the Bashkir meganticlinorium, one of the largest structures on the western slope of the Southern Urals. The Riphean sections

Для цитирования: Маслов А.В. (2026) Ретроспектива (2010–2024 гг.) исследований по геологии рифея Южного Урала. Статья 3. Публикации по минерализации и минерагении. *Литосфера*, 26(2), 245–269. <https://doi.org/10.24930/2500-302X-2026-26-2-245-269>. EDN: NHXXIW

For citation: Maslov A.V. (2026) A retrospective (2010–2024) review of research on the Riphean geology of the Southern Urals. Article 3. Publications on mineralization and minerageny. *Lithosphere (Russia)*, 26(2), 245–269. (In Russ.) <https://doi.org/10.24930/2500-302X-2026-26-2-245-269>. EDN: NHXXIW

of the western wing of this structure are the stratotype for the Riphean group. *Materials and methods.* New findings, ideas, and hypotheses on the mineralization and minerageny of the Riphean obtained as a result of long-term work by authors from different regions of Russia were analyzed. *Results.* The conducted review of various minerageny and mineralization aspects of sedimentary and igneous rocks of the Riphean Bashkir Meganticlinorium showed that over the past 10–15 years, a large number of works have addressed both specific and fundamental issues. As a result, based on a large variety of data (from geological data to isotope-geochemical data), the formation models of large deposits have been proposed. Among the latter are magnesites, siderites, fluorites, Fe–V–Ti ores in differentiated gabbro massifs, etc. *Conclusions.* The presented analysis provides the reader with a comprehensive overview of contemporary research on diverse types of mineralization in igneous and sedimentary rocks. These include Au, PGE, Au–Pt, Pd–Au–rare-metal assemblages; U- and Th-bearing minerals; complex REE phases; native Ag and its compounds (including furutobeite and Au–Ag sulfoselenoarsenides); as well as Mo-bearing galena and pyrrhotite enriched in Au, Se, and Mo. The review also highlights large and unique deposits hosted within the sedimentary sequences of the Riphean Bashkir meganticlinorium. Many of the studies considered have been conducted to highest academic standards.

Keywords: *Southern Urals, Riphean, research results, 2010–2024*

Funding information

The studies were carried out in accordance with the theme of the state assignment of the IGG UB RAS (No. 123011800013-6) and GIN RAS (FMMG-2023-0004)

Acknowledgements

The author is grateful to the anonymous reviewers, whose comments and advice allowed him to improve this review in many respects. Illustration for the article was prepared by N.S. Glushkova.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящей, третьей из серии ретроспективных обзоров различных аспектов исследований геологии рифея Башкирского мегантиклинория, работе освещены результаты изучения минерации региона и данные по разнообразной известной здесь минерализации осадочных, магматических и метаморфических пород. Публикации расположены в хронологическом порядке.

Среди отложений нижнего и среднего рифея в пределах Башкирского мегантиклинория локализованы месторождения магнетитов (Саткинская группа) и сидеритов (Бакальская группа), баритов и полиметаллов (Аршинское и Кужинское), бурых железняков (Авзянская и Туканская группы), флюорита (Суранское). На территории мегантиклинория известны также проявления Au, связанные с Au-сульфидной, Au-сульфидно-кварцевой, Au-кварцевой формациями (Калашникова и Рамеева жилы, Кургашлинское и др.) и формацией золотоносных конгломератов (Пучков, 2010; Ковалев и др., 2013б). В последние годы появляется все больше информации и о благороднометалльной геохимической специализации слагающих его структурно-вещественных комплексов. На западе и севере Маярдакского антиклинория низкоуглеродистые сланцы нижнего – среднего рифея содержат Au-, Au-Pt-, Pd-Au-редкометалльную минерализацию. Известны в этой структуре и залежи магнетитов (Белорецкая группа, Кызылташское, Сюрюнкажское и др.). Расслоенные мафит-ультрамафитовые интрузии вмещают ильменитовые и/или Ti-магнетитовые залежи (Кусинско-Копанская груп-

па интрузий и др.). Есть здесь также тальковый камень и пигментные руды.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО МИНЕРАГЕНИИ И МИНЕРАЛИЗАЦИИ РИФЕЯ ЮЖНОГО УРАЛА

Авторами статьи (Грановская и др., 2010) освещены прогнозные факторы пигментного оруденения Зигазино-Комаровского рудного района. Обращено внимание на постоянную связь этого типа руд с флангами залежей плотных бурых железняков, сидеритов и анкеритов. Отмечена зависимость масштаба оруденения от геохимической специализации вмещающих пород. Подчеркнута взаимосвязь пигментных руд с корами выветривания и зонами тектонических нарушений, а также сопряженность их с обломочными и строматолитовыми карбонатами.

Проведенное авторами публикации (Ковалев и др., 2010) изучение вулканогенно-осадочных пород среднего рифея в окрестностях ж.-д. ст. Улу-Елга и д. Кудашманово привело к обнаружению зоны с обильной халькопирит-пирротин-пиритовой минерализацией, приуроченной к сложнодислоцированным углеродсодержащим сланцам. Последние ассоциируют с хлорит-клиноцоизит(эпидот)-полевошпат-амфиболовыми породами, содержащими биотит, карбонат, кварц, а также альбит. Апомагматические породы названной зоны обогащены некогерентными элементами и обладают аномально высокими концентрациями Cs, Th, U и K. К черным сланцам приурочены находки минералов U и Th, тесно связанных с монацитом, неидент-

тифицированными редкоземельными (РЗЭ) фазами сложного состава и сульфидами. Авторы считают, что на этапе раннесреднерифейского рифтогенеза в результате привноса флюидами U и Th была сформирована геохимическая специализация субстрата Улуелгинско-Кудашмановской зоны, а в позднем венде (этап коллизии) гидротермальная переработка метаморфизованных пород способствовала появлению сульфидно-редкометалльно-U-Th-минерализации.

Публикация (Ковалев, 2010) содержит характеристику монацита, уранинита, ураноцирцита, U-торита, торита, коффинита, ассоциирующих в терригенных углеродсодержащих породах рифея с неидентифицированными РЗЭ фазами сложного состава и/или сульфидами. В породах Улуелгинско-Кудашмановской зоны обнаружены также самородное Ag и соединения Ag, в том числе фурутобеит и сульфоселеноарсенид Au и Ag, Mo-содержащий галенит и пирротин со значимым содержанием Au, Se и Mo. По мнению С.Г. Ковалева, эти находки свидетельствуют о сложных и многоэтапных рудогенерирующих процессах, протекавших при неоднократной смене физико-химических и динамических параметров. Упоминается в этой работе и о находках в конгломератах машакской свиты бетехтинита, железистого ковеллина и гессита.

В серии публикаций (Сначев, Пучков, 2010; Сначев и др., 2010, 2015; Сначев, 2012, 2015б) охарактеризована Pd-Au-редкометалльная геохимическая ассоциация в сульфидизированных углеродистых сланцах зигазино-комаровской свиты Белорецкого метаморфического комплекса. Авторами установлены в 4–6 раз более высокие концентрации в них Au, чем рудогенные аномалии. Отмечено повышенное содержание благородных металлов и W. Прогнозные ресурсы Au по категории P2 проявления Отнурок оценены примерно в 3 т.

В.Н. Сазонов с соавторами (2011) указали, что в Башкирском мегантиклинории черные сланцы с различными уровнями концентрации Au и ЭПГ приурочены к рифтовым структурам. Опираясь на результаты исследований С.Г. Ковалева, авторы отметили, что к востоку от шатакского комплекса в серицит-кварцевых алевросланцах и углеродистых сланцах, ассоциирующих с измененными (амфиболлизированными, эпидотизированными и др.) габбро-долеритами, выявлены повышенные содержания Au, Pt, Pd, Os и других элементов. Рудная минерализация представлена халькопиритом, пирротином и пиритом, а в углеродистой матрице обнаружены электрум, сульфоселениды Au и Ag, соединения РЗЭ и др. Считается, что указанные элементы были привнесены в систему флюидом мантийной природы. В конгломератах машакской свиты также выявлена благороднометалльная минерализация. Авторы полагают, что при продолжении исследований данного района необходимо выпол-

нить детальный литолого-фациальный анализ терригенных пород и установить формационную природу магматических пород. Следует изучить и глубинное строение Шатакского грабена, уделив особое внимание процессам гранитизации и метаморфизма – важным факторам формирования благороднометалльной минерализации. Без таких исследований, по мнению В.Н. Сазонова и его коллег, практическую значимость минерализации в конгломератах и черных сланцах оценить невозможно.

По данным работы (Крупенин, Мичурин, 2011), пирит из зоны контакта пород зигальгинской и бакальской свит в Петлинском карьере Бакальского рудного поля характеризуется значениями $\delta^{34}\text{S} = 6.2\text{--}26.5\%$. Изотопно-тяжелая сера свойственна и пириту Главной дайки, контактирующей с песчаниками среднего рифея. Эти и ряд других данных подтверждают инфльтрационно-рассольную гидротермально-метасоматическую гипотезу формирования магнетита, согласно которой рудные флюиды были генетически связаны с рассолами первично эвапоритовой природы.

Опираясь на результаты изучения минералогеохимических особенностей пород, рудных объектов и участков минерализации, известных в пределах западного склона Южного Урала, авторы работы (Ковалев и др., 2011) сделали вывод, что перспективными для обнаружения новых из них могут рассматриваться только тектонически “переработанные” черносланцевые отложения.

Как показано в публикации (Шарипова и др., 2011), карбонатные минералы из жил и прожилков кварц-карбонатного состава на Au-проявлениях Исмакаевской рудной зоны представлены кальцитом, Fe-доломитом и анкеритом. Исходя из распределения Mg, Fe и Mn в кальцит-доломитовом парагенезисе, формирование жильных карбонатов происходило, по мнению авторов, при температуре $\approx 290^\circ\text{C}$ и давлении 0.36 кбар, что не противоречит и температурам гомогенизации включений в золоторудном кварце.

В работе (Мичурин, 2011) рассмотрена взаимосвязь Th и Au в породах золоторудных объектов Башкирского мегантиклинория. Она оказалась достаточно сложной. Позднее С.В. Мичуриным с соавторами (2017) установлено, что геохимические связи Au в рудопроявлениях южной части мегантиклинория неоднородны. Для Au-сульфидных (Богряшка) и Au-сульфидно-кварцевых (Горный Прииск, Восточно-Акташское) рудопоявлений выявлена сильная положительная корреляция Au с S, Cu, Co, Pb, Ni и Zn. Au-кварцевые (Улюк-Бар) рудопоявления характеризуются выраженной связью Au только с As, хотя местами устанавливается также корреляция с S и халькофилами. Показано, что наибольшее значение для поисков Au и выявления перспективных участков имеет его положительная корреляция с As.

Расчеты предполагаемого изотопного состава O в воде, участвовавшей в кристаллизации магнезитов Сатки, подтвердили возможность рассольной (сульфатно-галитовая стадия) природы Mg флюидов (Крупенин и др., 2011a). Магнезиты могли формироваться при остывании флюида, испытавшего в начале юрматиния локальный нагрев в породном бассейне.

В работе (Крупенин и др., 2011b) дана характеристика “максимального микроклина” из доломитов Саткинского рудного поля. Образование микроклина связывается авторами с воздействием низкотемпературных щелочных растворов, обогащенных K. Появление их на стадии катагенеза могло быть обусловлено миграцией высококалийевых эвапоритовых рассолов, вызвавшим доломитизацию нижележащих карбонатных пород и образованию микроклина по ромбодрам доломита.

М.Т. Крупенин и А.А. Гараева (2011) рассчитали давление флюидной фазы (5.9–6.6 кбар) во включениях в синрудном кварце. В случае нахождения флюида под литостатическим давлением, это отвечает глубинам залегания вмещающей магнезит доломитовой толщи 1.5–2.0 км. В то же время температуры гомогенизации включений не соответствуют температурам нагрева пород при погружении на указанные глубины и, вероятно, являются следствием дополнительного нагрева флюидов от, например, Бердяшского плутона. Авторы указали, что их результаты хорошо вписываются в концепцию метасоматоза в результате рифтогенного подогрева захороненных в проницаемой толще доломитовых коллапс-брекчий высокомагниевого эвапоритовых рассолов.

Ряд публикаций начала 2010-х гг. посвящен результатам исследования геохимической специфики и оруденения конгломератов машакской свиты. Так, в работе (Ковалев, 2012a) на основе подробной характеристики благороднометалло-оруденения сделан вывод, что процессы минералообразования определялись действием гидротермальной системы. В растворах, отделявшихся от магматических очагов, имевших повышенную щелочность и низкие значения окислительно-восстановительного потенциала, Fe присутствовало, вероятно, в виде карбонильных или цианидных комплексов. Там, где равновесие растворов нарушалось, наблюдались разложение Fe-комплексов и активное осаждение магнетита и гематита с обогащением рудной зоны CO₂ и углеводородами. Рифтогенный этап рассматривается как рудоподготовительный, а коллизионный – как рудогенерирующий. Флюидная проработка осадочного субстрата на этапе рифтогенеза способствует появлению геохимических аномалий, в том числе Os, Pd и Pt. На коллизионном этапе сформировались метаморфогенно-гидротермальные минеральные ассоциации.

Для терригенных пород большеинзерской свиты Исмакаевской рудной зоны предполагается активное участие в формировании их геохимической специализации флюидно-магматических процессов (Ковалев, Крупенин, 2012). Схожие особенности присущи и черносланцевым отложениям Улуелгинско-Кудашмановской зоны.

Сидерофильная мантийная геохимическая специфика, а также находки ЭПГ и Au в черносланцевых породах рифея обусловлены пространственной совмещенностью их с магматическими породами, имеющими геохимическую специализацию, близкую к описанной для расслоенных комплексов Бушвельд и Стиллуотер (Ковалев, 2012b). Когда связь с магматизмом отсутствует, для черных сланцев свойствен заметный разброс содержаний многих элементов, не позволяющий говорить о перспективности их на благороднометалльное оруденение.

Высокие значения Sm/Nd в магнезитах Исмакаевского месторождения по сравнению с вмещающими карбонатными породами позволили авторам публикации (Крупенин, Кузнецов, 2012) использовать для установления их возраста Sm-Nd метод. Так как в магнезитах при относительно постоянной величине ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr изменяется только Sm/Nd, то это предполагает, что магнезиты формировались из горячего флюида с высоким отношением вода/порода. По предварительной оценке, возраст магнезитов составляет 1300–1100 млн лет. Это указывает на их гидротермально-метасоматическую природу. Образование магнезитов связано с внедрением в известняки нагретого рассольного, предположительно высокомагниевого, флюида на этапе рифтогенной тектонической перестройки в среднем рифее. Источником флюида могли быть эвапоритовые рассолы, метаморфизованные при взаимодействии с породами Машакского грабена.

Исследование Sr-Nd систематики магнезитов и вмещающих карбонатных пород Саткинского рудного поля показало их некогенетичность (Крупенин и др., 2012a). Следовательно, вмещающие породы и магнезиты формировались либо из разных флюидов/растворов, либо при разных термодинамических условиях. Несколько более высокая величина ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr в магнезитах по сравнению с таковой для вмещающих карбонатов указывает на взаимодействие флюида с терригенными породами, а повышенное ¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd допускает, что источником флюидов могли быть высокомагниевого эвапоритовые рассолы, хотя авторы и не исключают “мантийный след” в составе флюида.

Анализ особенностей распределения редких и рассеянных элементов, Sr-Nd систематики, а также состава флюидных включений в породах флюоритоносной зоны и основных генерациях флюорита Суранского месторождения позволил установить высокую соленость флюидных включений и соот-

ветствие рудообразующих рассолов эвапоритовому тренду во всех генерациях флюоритов, жильных карбонатах и кварце (Крупенин и др., 2012б). Предложен механизм стадийного образования флюорита, предполагающий смешение в процессе многократного раскрытия трещин морских поровых вод из вмещающих пород с захороненными и подогретыми эвапоритовыми рассолами. Источником F могли выступать эвапоритовые рассолы или рифтогенные гранитоиды Машакского грабена. Охарактеризованы процессы формирования всех генераций флюорита. Sr-Nd изотопная систематика подтверждает в основном коровую природу флюида и позволяет считать, что флюорит образовался ≈ 1220 млн лет назад.

В заметке (Ковалев, 2013) показано, что конгломераты кузьелгинской и каранской подсвит машакской свиты характеризуются повышенными концентрациями As, Se, Te, Sn, V, Cr, Ni, Co, Mn, Cu и Zn, а содержание Pt, Pd и Au в них на 2.0–3.5 порядка выше кларка.

Подробной характеристике геологического строения и минералого-петрографического состава сложнодислоцированных углеродсодержащих толщ среднего рифея, приуроченных к Юрюзано-Зюраткульскому региональному разлому, посвящена публикация (Ковалев и др., 2013а). В описываемых образованиях обнаружена сульфидно-Au-Ag-U-Th-P3Э минерализация, сформировавшаяся вследствие двух этапов (температура и давление первого ≈ 330 – 500°C и 6–7 кбар, температура второго $< 250^\circ\text{C}$) около 600 млн лет назад. Изотопный состав $S_{\text{сульф}}$ и C указывают на неоднократное переотложение вещества в процессе минералообразования. Авторы сделали вывод, что благороднометалльная геохимическая специализация черносланцевых отложений Улуелгинско-Кудашмановской зоны обусловлена пространственной совмещенностью черносланцевых образований и магматических пород рифтогенного этапа.

Авторы статьи (Сначев и др., 2013), основываясь на результатах изучения золоторудных проявлений Южного Урала, локализованных в углеродистых сланцах, предложили модель формирования оруденения. Ими охарактеризован ряд прогнозно-поисковых признаков гидротермально-метаморфогенного штокверкового и прожилково-вкрапленного типов оруденения. К их числу относятся следующие: 1) наличие субмеридиональных надвиговых структур и сочетающихся с ними диагональных сдвиговых нарушений; 2) присутствие в разрезе песчаных и глинистых пород, переслаивающихся с углеродистыми отложениями; 3) наличие в глинисто-углеродистых породах сульфидной минерализации; 4) развитие в осадочных породах зон зеленосланцевого динамотермального метаморфизма; 5) образование во вмещающих породах зон углекислотного метасоматоза; 6) наличие в квар-

цевых жилах, прожилках и метасоматически измененных породах поздних сульфидных минеральных ассоциаций; 7) широкое развитие гранитоидного магматизма. Важным поисковым признаком на Au оруденение авторы считают приуроченность золоторудной минерализации к внешней зоне зеленосланцевой фации метаморфизма (Сначев и др., 2013; Сначев В.И., Сначев А.В., 2014).

Сопоставление геохимических характеристик фоновых и метасоматических доломитов (синхронных? с магнезитами) Саткинского рудного поля позволило установить, что последние обогащены халькофилами, а также Sr и Ba (Крупенин, Ковалев, 2013), а магнезиты обладают повышенными концентрациями мантийных элементов и аномалиями Sr и Pb. Все сказанное рассматривается как свидетельство участия в процессе минералообразования мантийного флюида. В пользу этого говорят и свойственные ряду образцов магнезитов величины ϵ_{Nd} .

Синтез геологических данных, результатов изучения флюидных включений и геохимии стабильных изотопов дал возможность утверждать, что образование эпигенетического доломита, магнезита и гидротермального сидерита на месторождениях Южного Урала генетически связано с эвапоритовыми флюидами, влияющими на уже литифицированные породы (Prochaska, Krupenin, 2013). Авторы рассчитали, что температура образования магнезитов саткинской свиты составляла $\approx 130^\circ\text{C}$. Низкие величины Na/Bg и Cl/Bg в магнезитах и сидеритах бакальской свиты указывают на формирование соленых флюидов в результате испарения морской воды. Свойственные магнезитообразующим рассолам значения $\delta^{18}\text{O}$ свидетельствуют о морском происхождении флюида. Формирование сидерита происходило под влиянием гидротермальных флюидов, испытавших в отличие от магнезитообразующих рассолов более интенсивные реакции с вмещающими породами на более глубоких уровнях коры (температура образования сидерита $\approx 250^\circ\text{C}$). Источником Fe являлись в этом случае алюмосиликокластические образования.

Результаты исследования кристаллохимии доломитов Саткинского рудного поля подтвердили их эвапоритовую природу (Крупенин и др., 2013б). Отсутствие в гнездовых доломитах, которые авторы рассматривают как сингенетичные магнезитам, высоких значений $\text{Mn}_{\text{Mg}}/\text{Mn}_{\text{Ca}}$ предполагает небольшие температуры в гидротермальной системе.

В работе (Крупенин и др., 2013а) показано, что химический состав и рентгеноструктурные характеристики около- и надрудных доломитов Сатки близки таковым стехиометричных доломитов. Вмещающие доломиты периферических зон верхней части рудоносной карагайской пачки характеризуются пониженной стехиометричностью и увеличенными параметрами кристаллической решет-

ки. Вторичные доломиты выполнения гнезд также близки по параметрам решетки к стехиометрическим доломитам. По мнению авторов, сказанное согласуется с моделью формирования магнетита в результате предварительного прогрева вмещающей доломитовой толщи и масштабного метасоматоза при последующем внедрении Mg-содержащих флюидов.

Авторы публикации (Крупенин и др., 2013в) на основе разработанной ими физико-химической модели формирования кристаллических магнетитов Сатки считают, что наличие рассеянного магнетита в доломите, резкий фронт замещения доломита чистым метасоматическим магнетитом, присутствие в магнетите небольшого количества Fe, парагенез пирита, Mg-хлорита и магнетита, примесь талька или кварца в доломите на контакте с магнетитом согласуются с фильтрацией более холодных рассолов через нагретую толщу доломита в восстановительной среде на фоне процессов рифтогенеза начала среднего рифея.

Исследование Sr-Nd систематики магнетитов Паленихинского месторождения, как и Гологорского ранее, подтвердило мантийно-коровую природу рудного флюида. При этом влияние мантийных растворов в связи с внедрением послерудных даек основного состава авторы рассматривают как незначительное. Основными источниками флюида выступали морская вода и породы континентальной коры (Крупенин и др., 2013г).

Особенности распределения редких и рассеянных элементов в пиритах из разных типов пород Саткинского рудного поля позволили авторам публикации (Крупенин и др., 2013д) показать, что раннедиагенетический пирит конкреций в низкоуглеродистых сланцах содержит заметно более высокие концентрации ряда элементов, чем пирит вмещающих магнетит доломитов. Пирит магнетитов обладает наименьшим средним содержанием микроэлементов среди всех исследованных групп пиритов. Пирит диабазов резко отличается по распределению элементов, типоморфных для основных пород.

Первые данные о характере распределения ЭПГ в глинистых породах и песчаниках нижнего рифея рассмотрены в сообщении (Ковалев и др., 2014а). Авторами установлено, что слабо (метагенез – верхи зеленосланцевого метаморфизма) измененные “фоновые” глинистые сланцы характеризуются сходным распределением ЭПГ.

В работах (Ковалев и др., 2014б, 2016а, 2017г) содержание ЭПГ и Au в породах рифея (фоновые концентрации) сопоставлены с содержанием их в такого же возраста породах тектонических зон, претерпевших метаморфизм. Установлены значительные различия в распределении ЭПГ и Au между неизменными образованиями и их метаморфизованными аналогами. Например, для низко-

углеродистых глинистых и карбонатно-глинистых сланцев Интуратовской зоны характерна Pd-Rh специализация, а отношение Pt/Pd на порядок выше, чем в фоновых породах этого же стратиграфического уровня. Высокое содержание Au и ЭПГ в рифейских конгломератах также приурочено преимущественно к интенсивно дислоцированным зонам. Главный вывод исследований – потенциально рудоносные зоны в терригенных отложениях сформированы в результате многоэтапных процессов геодинамического развития региона в рифее и венде.

Исследование P3Э, Rb-Sr и Sm-Nd систематики магнетитов и вмещающих их карбонатных пород Исмакаевского месторождения показало, что собственные магнетитам величины ϵ_{Nd} дают возможность предполагать поступление части рудных флюидов из алюмосиликатных толщ породного бассейна (Крупенин и др., 2014). Вероятно, их источником являлись агрессивные эвапоритовые рассолы, испытавшие после захоронения в осадочном бассейне взаимодействие с обломочными породами. Повышенная железистость и высокое содержание радиогенного Sr в магнетитах указывают на длительную историю нахождения рассолов в коре.

Изучение методами термодинамики флюидных включений в магнетитах Исмакаевского месторождения подтвердило их рассольную природу (Крупенин, Гараева, 2014б, 2015). Среднее значение солёности для включений составляет ≈ 24 мас. % экв. NaCl, а в солевом составе преобладают $MgCl_2$, NaCl и $CaCl_2$. Температуры гомогенизации двухфазных включений отвечают интервалу 184–279°C. Высокая солёность флюидных включений присуща и сингенетическому с магнетитом метасоматическому льдистому кварцу. Более поздний молочно-белый кварц имеет пониженные относительно них солёность включений и температуру гомогенизации.

Авторы публикации (Овчинникова и др., 2014) показали, что рудные тела Саткинского месторождения образовались, вероятно, 1380–1370 млн лет назад. При этом рассчитанная для магнетитов величина $\mu 2$ значительно ниже аналогичного параметра для первичного Pb известняков саткинской свиты. Это предполагает, что Pb в раннедиагенетическом флюиде, сформировавшем вмещающие магнетиты породы, имел коровый источник, а Pb в магнетитовом флюиде содержал примесь мантийной компоненты. Исходя из сказанного, авторы полагают, что формирование магнетитов произошло во время среднерифейского “машакского рифтогенного события” и сопровождалось привнесением мантийного флюида.

Ж.С. Кобзаревой и Н.В. Грановской (2014) установлены типоморфные признаки разновидностей кварца (молочно-белого альпийских жил, голубовато-серого рассланцованного и катаклазирован-

ного зон динамометаморфизма, брекчированного кварцево-жильных систем месторождений Au), присутствующего в породах рифея Южного Урала. Это может позволить прогнозировать золоторудные зоны и рудные поля, а также вести поиск месторождений и рудных тел. Наиболее информативным поисковым признаком месторождений, рудных тел и рудных столбов является, по мнению авторов, присутствие ожелезненного жильного кварца, содержащего сульфиды и обладающего аномально высокими значениями показателя флюидонасыщенности.

По данным М.Т. Крупенина и А.А. Гараевой (2014а), между вторичным доломитом периферической и центральной зон Саткинского месторождения наблюдается фракционирование изотопного состава O, предполагающее более высокие температуры образования доломита первой генерации. Доломит первой генерации в гнездах, удаленных от рудных залежей, имеет изотопно более тяжелый O, что указывает на его низкотемпературную природу. Использование изотопного кислородного термометра вместе с изучением флюидных включений в гнездовых доломитах позволило оценить температуры образования гнезд выполнения в связи с магнезитовым метасоматозом примерно в 240–260°C. Перечисленное и ряд других фактов свидетельствуют, по мнению авторов, в пользу формирования магнезитов в результате метасоматоза при нагреве относительно холодных рассолов, внедрившихся в толщу брекчированных доломитов.

В заметке (Крупенин, 2014) отмечено, что образование магнезитов в терригенно-карбонатных толщах рифея связано с лавинным метасоматозом при нагреве восстановленных Mg рассольных флюидов в зонах активной миграции в проницаемых карбонатах на рифтогенных этапах развития территории. Качество магнезитов прямо зависит от температуры нагрева и обратно взаимосвязано со степенью метаморфизма рассолов. Анкериты и сидероплезиты – результат более поздних тектонических этапов, когда в известняки поступали захороненные глубоко метаморфизованные эвапоритовые рассолы, обогащенные при взаимодействии с глинистыми породами в бассейне породообразования Fe и другими элементами. Отсутствие магнезитов и Mg-Fe карбонатов среди пород каратавия связывается автором с отсутствием эвапоритовых обстановок.

Термическим методом для углеродистых сланцев зигазино-комаровской свиты установлен экзотермический эффект в диапазоне 630–730°C (зеленосланцевая и эпидот-амфиболитовая фации) (Сначев, 2015а). На этой основе показано, что в Белорецком метаморфическом комплексе золоторудная минерализация связана с определенным температурным интервалом метаморфизма, а именно – локализована вблизи с границей зеленосланцевой и амфиболитовой фаций или рядом с ней.

Анализ Sr-Nd систематики карбонатных пород Саткинского и Исмакаевского месторождений магнезита привел авторов публикации (Крупенин и др., 2015) к выводу об их различной геологической позиции: первое сформировалось в зоне активного воздействия рифтогенного магматизма, а в окрестностях второго магматическая деятельность была незначительной. В пользу сказанного свидетельствует и более низкая величина ϵ_{Nd} в магнезитах Исмакаево, предполагающая увеличенную роль корового материала во флюиде, из которого они кристаллизовались.

Рудоносность черносланцевых отложений и конгломератов рифея Башкирского мегантиклинория рассмотрена в работе (Ковалев С.Г., Ковалев С.С., 2015). Анализ фоновых содержаний благородных металлов в терригенных породах нижнего и среднего рифея и разновозрастных с ними осадочных образованиях, приуроченных к тектоническим зонам, позволил установить благороднометалльную геохимическую специализацию последних и показать их перспективность на обнаружение объектов с повышенными содержаниями ЭПГ и Au. Авторы полагают, что потенциально рудоносные зоны в терригенных отложениях рифея сформировались в результате многоэтапных процессов (привнос “мантийных” элементов и перераспределение их процессами “коровыми”), обусловленных становлением крупной магматической провинции (КМП).

В заметках (Шарипова, Мичурин, 2015, 2016) суммированы изотопно-геохимические особенности рудопроявлений Au, локализованных среди пород рифея. Отмечено, что в составе золотоносных пиритов присутствует значительная примесь As. Свойственные им значения $\delta^{34}S$ указывают на магматогенный источник S. Изотопный состав C и O анкеритов предполагает поступление CO₂ из глубинного источника при некотором вкладе и вмещающих пород. Температуры рудоносных флюидов составляли 250–400°C. В их составе преобладал водный раствор MgCl₂. Формирование рудопроявлений происходило ≈ 1000 и ≈ 700 –600 млн лет назад.

Численное физико-химическое моделирование дало возможность установить, что в основе Mg метасоматоза в карбонатных толщах лежит смещение равновесия доломит – магнезит при нагревании (Крупенин, 2015, 2016в). Выяснено, что для образования магнезита необходимо участие в процессе эвапоритовых рассолов с высоким Mg/Ca и восстановленной S_{сульф}, препятствующей образованию сингенетичного ангидрита. Есть еще ряд условий – предварительное взаимодействие раствора с бедными Ca породами при повышенной температуре, нагревание растворов после их отделения от источника, существенная разность температур источника и протолита, а также высокое отношение вода/порода в процессе миграции флюида.

В.И. Сначевым (2016) сопоставлена рудоносность рифейско-вендских отложений Башкирского и Восточно-Уральского поднятий. Показано, что исходный набор их рудных формаций приблизительно одинаков. Различия обусловлены развитием в пределах Восточно-Уральского поднятия в позднем докембрии и позднем палеозое процессов гранитизации, что привело к появлению новых и преобразованию существовавших рудных объектов. Отмечено, что рудная минерализация Башкирского поднятия связана преимущественно с осадочными толщами, тогда как магматизм не играет большой роли. С терригенными отложениями каждой из серий рифея связаны россыпи циркон-рутила и проявления благородных металлов в конгломератах. К низкоуглеродистым сланцам приурочены повышенные содержания Mo, Au, V; к карбонатным породам – Zn, Pb, но их промышленные концентрации отсутствуют. С плутоническими формациями рифея ассоциируют немногочисленные и небольшие рудные объекты (ильменит-Ti-магнетитовые месторождения в габбро кусинско-копанского комплекса, проявления Cu, связанные с дайковыми сериями). Минерагенический облик Башкирского поднятия определяют месторождения сидеритов, магнезитов и полиметаллов. Перспективы региона (карбонатитовое оруденение, кимберлиты в связи с пикритами и др.) связаны только с магматическими комплексами.

В статье (Крупенин и др., 2016а) на основе РЗЭ-систематики магнезитов и вмещающих их карбонатных пород Сатки и Исмакаевского месторождения подтверждена метасоматическая природа магнезитов. В отличие от вмещающих пород они демонстрируют иной тренд распределения РЗЭ. Образование магнезитов связано с тектонотермальной активизацией и миграцией флюидов (Саткинское рудное поле – в начале среднего рифея/рифтогенез машакского времени, Исмакаевское месторождение – середина – конец среднего рифея). Изотопный состав Sr и Nd указывает на коровую природу флюидов. Для Сатки зафиксирован и некоторый вклад мантийной компоненты. Метасоматические доломиты и магнезиты Исмакаево обогащены по сравнению с саткинскими ^{87}Sr и Fe. Это предполагает более интенсивное взаимодействие рудоносных растворов с алюмосиликатными породами.

Сходство минерального состава карбонатных метасоматитов Исмакаевского магнезитового месторождения и рудопроявления Богряшка, а также особенности распределения в них и в карбонатных породах Суранского месторождения флюорита РЗЭ дали основание авторам работы (Крупенин и др., 2016б) предположить, что все названные объекты, локализованные в суранской свите в одной структурно-формационной зоне, связаны с одним процессом флюидогенерации.

В заметке (Крупенин, 2016б) рассмотрены вопросы типизации Mg-Fe метасоматитов в карбонатных толщах рифея. По мнению автора, флюид, сформировавший магнезиты, связан с захороненными эвапоритовыми высокомагниевыми рассолами. Контаминация их Fe при взаимодействии с глинистыми породами вела к образованию Mg-Fe карбонатов, в том числе сидеритов.

Авзянская рудоносная формация, как показано в заметке Н.Н. Ларионова (2016), сложена субплатформенными тонкотерригенными карбостромовыми отложениями. Она подстилается аспидоидами зигазино-комаровской свиты, обладающей в нижней части чертами паралической сидерито- и фосфоритоносной формации. Перекрывают ее породы фалаховой формации (зильмердакская свита). Минерагеническая характеристика авзянской формации определяется, по мнению автора, специфическими климатическими обстановками накопления осадков с чертами как гумидного, так и аридного литогенеза. Карбонатные породы обладают Fe-Mg геохимической специализацией, а пестроцветные глинистые и карбонатно-глинистые – несут полиметаллическую и Ва-полиметаллическую специализацию. Процессы рудообразования происходили в несколько этапов; рудообразующими являлись литогенетический этап и (особенно) этап тектонической активизации.

Результаты комплексного геолого-минералогического и изотопно-геохимического изучения локализованных среди отложений рифея месторождений магнезита, сидерита, проявлений анкерита и брейнерита показывают, что в их формировании ведущая роль принадлежит захороненным эвапоритовым рассолам, выступающим источником Mg и фактором создания агрессивной среды, способствующей экстракции Fe при взаимодействии с алюмосиликокластическими породами (Крупенин, 2016а).

Геологическое строение и минералогия черносланцевых отложений Улуелгинско-Кудашмановской зоны, расположенной в полосе Юрюзано-Зураткульского разлома, исследованы в публикации (Ковалев и др., 2016). Сделан вывод, что комплексная сульфидно-Au-Ag-Th-РЗЭ минерализация пород этой зоны сформирована на подготовительном рифтогенном и рудогенерирующем коллизийном этапах.

В работе (Ковалев и др., 2016б) в углеродсодержащих глинистых сланцах рифея описаны два типа жильного кварца с первичными и вторичными флюидными включениями, обладающими близкими температурами гомогенизации и солевым составом. В Улуелгинско-Кудашмановской зоне в кварце установлены включения с метаном и восстановленными газами. Предполагается, что этот кварц связан с формированием сульфидно-Au-Ag-Th-РЗЭ минерализации.

В монофракциях гематита, отобранного из цемента конгломератов нижней толщи кузьелгинской подсвиты машакской свиты на хр. Бол. Шатак, авторами заметки (Высоцкий, Ковалев, 2016) установлено до 10.77 г/т Au и 1.12 г/т Ag, а в валовых пробах содержание названных элементов составляет 1.8 и 1.4 г/т. В валунно-галечных конгломератах верхней толщи рудная минерализация (магнетит) приурочена как к цементу, так и к галькам конгломератов. Распределение Au по разрезу подсвиты демонстрирует хорошо выраженную положительную взаимосвязь между Au, Cu и Zn в нижней толще и в контактовой зоне между базальтами и конгломератами.

В заметке (Грановская, 2016) рассмотрены результаты термобарогеохимического исследования синрудного кварца тальковых проявлений Башкирского мегантиклинория. Установлены температуры минералообразующих растворов (160–250°C). Показаны расслоенность гидротерм и высокая концентрация в них CO₂, Cl, Na, Ca и Mg.

В работе (Ковалев С.С., Ковалев С.Г., 2017) описана первая находка кальциоанкилита в терригенных породах суранской свиты и предложен “экзоконтактово-метаморфогенный” механизм формирования РЗЭ минерализации. Авторы считают, что кальциоанкилит образован в результате взаимодействия магматогенной флюидной фазы, обогащенной РЗЭ, с субстратом, в котором количество Са значительно превышало количество Sr.

Выяснено, что формирование Th-РЗЭ минерализации в терригенных породах суранской и машакской свит контролировалось гидротермальным, экзоконтактовым, “флюидно-магматическим” и “аллювиально-метаморфогенным” механизмами, каждый из которых отвечал определенным этапам геодинамического развития региона (Ковалев и др., 2017в).

Низкотемпературный Mg-Fe метасоматоз в карбонатных породах миньякской подсвиты суранской свиты (проявление Богряшка) проходил при температурах 140–190°C (Крупенин и др., 2017). Расчет температур Mg-Fe метасоматоза в пределах Бакальского рудного поля на основе анкерит-сидеритового и анкерит-брейнеритового геотермометров показал их совпадение при 250°C и выше. Установлено, что средние температуры сидеритового метасоматоза в центральной части рудного поля составляли 250–270°C, а на периферии – не превышали 190–220°C (Крупенин, 2017а).

Д.Е. Савельев с соавторами (2017) в гематитизированных углеродистых сланцах зигазино-комаровской свиты северной части Белорецкого метаморфического комплекса выявили РЗЭ минерализацию (монацит, флоренсит и ксенотим). Кроме того, найдены и мелкие дендритовые выделения самородной Cu с примесью Sn.

В работе (Ковалев и др., 2017д) мы находим описание редкометалльно-редкоземельной минерализации в осадочных породах суранской свиты, прорванных габбро и габбро-долеритами и испытавших динамотермальную метаморфизм и гидротермальную переработку. Приведены данные о содержании в породах Pt, Pd, Rh, Ru, Ir и Au. Авторская модель формирования редкометалльно-редкоземельной минерализации и ЭПГ геохимической специализации пород предполагает, что в начале юрматиния на фоне формирования КМП породы свиты испытали влияние флюидопотоков различного генезиса и состава. Это привело к появлению в них геохимических аномалий РЗЭ, Au и ЭПГ. В позднем венде, на фоне процессов сжатия, на рассматриваемой территории функционировали локальные системы. Специфика минералообразующих процессов определялась и составом осадочно-го субстрата.

Исследование Fe-магнетитов Исмакаевского месторождения и брейнеритов золоторудного проявления Богряшка дало возможность связать Mg-Fe метасоматоз в карбонатных породах суранской свиты с процессами ремобилизации захороненных в отложениях нижнего рифея эвапоритовых рассолов (Крупенин, 2017б). Автор предположил, что взаимодействие таких рассолов с осадочными и вулканогенными породами в тектонически активной зоне Машакского грабена привело к обогащению их различными лигандами, повышению основности и более активному переотложению в метасоматических продуктах средних и тяжелых РЗЭ. Появление Mg-Fe флюида считается результатом эволюции эвапоритовых рассолов в сланцевом резервуаре. Физико-химического моделирование показало, что брейнериты образованы при остывании флюида в примыкавшей к сланцевому источнику зоне.

Характеристика сульфидно-селенидной минерализации в вулканогенно-осадочных породах шатакского комплекса приведена в работе (Ковалев и др., 2017а). Она рассматривается как результат метаморфогенно-гидротермального процесса.

В терригенных породах шатакского комплекса авторами публикации (Ковалев и др., 2017б) описана ксенотимовая минерализация прожилковидного типа, а также разнообразные Th-РЗЭ соединения, формирование которых происходило под воздействием флюидной фазы при внедрении магматического расплава в породы рамы. Последующий динамотермальную метаморфизм зеленосланцевой фации привел к распаду метастабильных Th-РЗЭ фаз, существенно не повлияв на распределение и Th и РЗЭ.

В статье (Шарипова и др., 2017) рассмотрены геохимические характеристики золотоносных

сульфидов в отложениях рифея. В качестве примера авторы выбрали рудопоявление Богряшка, где известно несколько генераций пирита. Показано, что формирование сульфидов происходило здесь в несколько стадий с участием S из разных источников. S для раннедиагенетического пирита заимствована из морской воды. Для пирита генерации 2, когенетичного метасоматическим Fe-магнезитам/брейнеритам, источником S являлись эпигенетические эвапоритовые рассолы. Золотоносные сульфиды с примесью As стадии 3 содержат S, изотопный состав которой предполагает поступление из магматогенного источника. По мнению авторов, рудообразование обусловлено гидротермальной деятельностью и привнесом S и рудного вещества из глубинного источника, а образующиеся сульфиды накладывались на пирит осадочных пород.

В статье (Сначев А.В., Сначев В.И., 2017) проанализированы перспективы рудоносности углеродистых отложений, в том числе на W и Mo. Обоснована точка зрения о том, что среди черносланцевых толщ рифея Башкирского мегантиклинория наибольшими перспективами на W обладают породы зигазино-комаровской и аюсапканской свит. Выделены уровни распространения углеродистых отложений, характеризующихся небольшими коренными проявлениями Au либо его аномально высокими геохимическими концентрациями, – юшинский, машакский, зигальгинский и зигазино-комаровский.

В заметках (Захарова и др., 2018а, б, в, 2019) показано, что тяжелая фракция шлиховых проб из ручьев, дренирующих породы большеинзерской и суранской свит, представлена гетитом, гематитом, рутилом, титанитом, магнетитом, пиритом, монацитом, флюоритом и цирконом. В пробах наблюдается высокое содержание Zr, Co, Cr, Ni, Zn, Pb, Y и P3Э, обнаружены тонкие пластинки Au. По составу Au сходно с золотом из месторождения Улюк-Бар, однако в нем присутствуют примеси Cu и Hg, что не характерно для Au Авзянского рудного района. Распределение редких и рассеянных элементов в пробах сопоставимо с тем, что свойственно глинистым сланцам и встречающимся в бассейнах опробованных ручьев магматическим породам.

В работе (Высоцкий, Ковалев, 2018) можно найти описание Th-P3Э минерализации в терригенных породах шатакского комплекса. Авторами дана детальная характеристика алланита, монацита, ксенотима, торита и неидентифицированных фаз сложного состава. Сделан вывод, что указанная минерализация сформировалась при воздействии флюидной фазы на породы рамы на этапе образования Шатакской палеорифтовой структуры.

Авторы публикации (Крупенин, Мичурин, 2018) установили обогащение пирита магнезитов Сатки относительно пирита вмещающих их пород ³⁴S. По их мнению, это результат термохимического вос-

становления сульфатов при сингенетичном образовании пирита и магнезита из эпигенетических рассолов, сформированных при растворении эвапоритовых сульфатных минералов на стадии раннего катагенеза. Полученные данные подтверждают инфльтрационно-рассольную гидротермально-метасоматическую модель формирования магнезитов, в соответствии с которой рудные флюиды связаны с эвапоритовыми рассолами.

Тщательное изучение разрезов саткинской свиты позволило установить былое присутствие в них эвапоритовых отложений (Крупенин, 2018б). Основным аргументом в пользу этого является широкое развитие брекчий обрушения/коллапс-брекчий в карагайской пачке. Автором предложен механизм их образования с участием процессов биосульфатредукции. Бактериальное разложение сульфатов в диагенезе приводило к снижению концентрации SO⁴ в поровых водах и полному растворению гипса и ангидрита, что и вело к формированию коллапс-брекчий. Высказано предположение, что широкому проявлению биосульфатредукции в фотической зоне мелководных лагун способствовал низкий уровень оксигенизации гидро- и атмосферы мезопротерозоя. Одним из доказательств биосульфатредукции является присутствие ранних генераций пирита с изотопно-легкой S в нижней части гнезд вторичного доломита (Крупенин, 2018а).

Показано, что распределение P3Э в габбро-долеритах Au рудопоявлений Авзянского рудного района имеет заметное сходство (Шарипова и др., 2018, 2019). Это может свидетельствовать о том, что они представляют дифференциаты одного магматического очага, тогда как раньше считались разновозрастными.

В работе (Овчинникова и др., 2018) опубликованы результаты определения Pb-Pb возраста (1366 ± 47 млн лет) магнезитов Бакальского рудного поля. Авторы отметили, что эта датировка в пределах погрешности совпадает с возрастом магнезитов саткинской свиты (1370 ± 80 млн лет). Исходя из сопоставления значений $\mu 2$, характерных для магнезитов саткинской и бакальской свит, с величинами $\mu 2$ для первичного Pb известняков и сидеритов бакальской свиты, высказано предположение, что Pb в магнезитовом флюиде 1380 млн лет назад был более мантийным, чем при формировании известняков и метасоматических сидеритов. Установление возраста магнезитов Бакала позволило выделить самостоятельный этап магнезитообразования в Бакало-Саткинском районе, связанный, по всей видимости, с машакским импульсом рифтогенеза.

Изотопные и геохимические характеристики сульфидов и Au Авзянского рудного района свидетельствуют, по мнению авторов работы (Мичурин и др., 2018), в пользу магматогенной природы рудоносных флюидов. Формирование рудопоявлений связано с этапами тектонотермальной актив-

зации (на границе среднего и позднего рифея и в венде).

По данным авторов работы (Султанова и др., 2019), в песчаниках большеинзерской свиты среди аксессуарных минералов установлены рутил, титанит, ильменит, пирит, флюорит, циркон, апатит, эпидот, актинолит, турмалин и Au. Авторы считают, что присутствие в песчаниках флюорита и турмалина связано с золоторудным процессом. Флюорит фиксирует, по-видимому, общую гидротермальную проработку пород, а турмалин мог быть связан с деятельностью золотоносных флюидов, так как встречается только в наиболее обогащенных Au породах.

Сравнение изотопно-геохимических характеристик Fe-Mg карбонатных метасоматитов, развитых среди карбонатных толщ рифея Южного Урала, и аналогичных Fe-Mg карбонатов других регионов позволило авторам публикации (Крупенин и др., 2019) предположить, что они сформировались в результате разгрузки эпигенетического Fe-Mg флюида – продукта эволюции захороненных Mg рассолов в терригенных и/или вулканогенных вмещающих толщах. Указанный флюид представлял рассол хлоридов Ca, Na и Mg и содержал примесь Fe. Рассол, образовавший Fe-магнезит, имел минерализацию $\approx 20\text{--}26$ мас. % экв. NaCl и минимальную температуру минералообразования 220°C . Рассол, сформировавший брейнерит, обладал соленостью от 10 до $14\text{--}15$ мас. % экв. NaCl. Средние его температуры оцениваются авторами в $140\text{--}190^\circ\text{C}$. Режим минералообразования был восстановительным, а время существования флюидов на стадии катагенеза и их метаморфизации довольно длительным.

Алланитовая минерализация в структурно-вещественных комплексах Башкирского мегантиклинория охарактеризована в работе (Ковалев и др., 2019а). Сравнение состава алланитов из различных регионов выявило наличие региональной специфики, обусловленной особенностями геологического развития территории.

С.Г. Ковалевым с соавторами (2019б) описаны собственные минералы Th в породах пикритовых комплексов Южного Урала: торит и Sc-содержащие Th минералы. Их формирование связано с концентрацией в локальном объеме остаточного расплава P3Э, Sc, Th и P, не вошедших в кристаллизующиеся порообразующие минералы.

Рассматривая примеры присутствия калиевых полевых шпатов в карбонатных породах рифея, авторы публикации (Крупенин и др., 2020) выделяют несколько ситуаций. Так, в доломитах предположительно эвапоритового генезиса реветской подсвиты авзянской свиты установлен аутигенный микроклин с максимальной триклинностью. Метасоматические доломиты нижнесаткинской подсвиты саткинской свиты, подстилающие доломиты эвапоритовые, содержат максимально упорядочен-

ный микроклин и низкотемпературный калишпат без “микроклиновой решетки” и пертитов. В катаклинской подсвите авзянской свиты встречен аутигенный моноклинный Ва-ортоклаз. Сопоставление оригинальных и литературных данных, по мысли авторов, подтверждает гипотезу о том, что источником K для формирования калиевых полевых шпатов могли быть захороненные рассолы/продукты былых эпох эвапоритовой седиментации.

Н.В. Грановская и А.В. Кочергин (2020) описали структурно-морфологические типы и условия локализации тальковых проявлений Белорецкого района. По их данным, оруденение представлено мало-Fe талькитами и тальковыми камнями, принадлежащими апокарбонатному типу. Тальковые руды имеют гидротермально-метасоматический генезис и приурочены к доломитосодержащим пачкам кзылташской и авзянской свит; их связь с гранитоидами не установлена. Рудообразующие флюиды были сформированы в рифейских осадочно-породных бассейнах. В Маярдакском антиклинории их появление, вероятно, связано с регрессивным метаморфизмом и вендским орогенезом. Показано, что образование талькитов происходило в доломитовых толщах на флангах магнетитовых залежей у контактов с обломочными породами.

В работе (Ковалев и др., 2020) продемонстрировано, как при воздействии магматического расплава основного состава на осадочные образования рифея последние обогащаются P3Э с формированием монацита, алланита, ксенотима и др. При этом лантаноиды концентрируются в экзоконтактных зонах и создают новообразованные минеральные ассоциации. В целом процессы формирования P3Э минерализации во многом контролируются физико-химическими параметрами и термобарическими условиями сопутствующего и последующего метаморфизма.

Результаты исследования Sm-Nd систематических сидеритов Бакальского месторождения (Крупенин и др., 2021) подтвердили коровый источник Fe-рудного флюида и позволили оценить их возраст (970 ± 40 млн лет), согласующийся с Pb-Pb возрастом сидеритов главной рудной фазы (≈ 1000 млн лет). Таким образом, формирование сидеритов происходило субсинхронно с образованием ряда барит-полиметаллических месторождений, а также месторождений Fe-магнезита и флюорита и приурочено не к Машакскому рифтогенному событию (начало среднего рифея), а к гренвильскому этапу тектоно-термальной активизации (конец среднего-начало позднего рифея). Именно в это время был сформирован общий минерагенический облик региона.

Выполненное авторами заметки (Крупенин, Гаграева, 2022) исследование флюидных включений в сидеритах Бакальского рудного поля позволило установить, что раствор двухфазных включе-

ний имеет среднюю или высокую соленость. Это указывает на рассольную природу рудного флюида. Температуры гомогенизации включений (110–240°C) отражают преимущественно последние стадии метасоматической перекристаллизации. Состав флюида в процессе сидеритового метасоматоза эволюционировал от относительно высокотемпературного высокожелезистого хлоридного с примесью Mg, K и Na до высококальциевого хлоридного с примесью Mg и Na.

С.В. Мичурин и А.А. Шарипова (2022) описали находки в породах рифея самородного Au с высоким (до 38.2 мас. %) содержанием Cu. Медистое Au выявлено авторами в Западно-Акташской рудной зоне, Суранском селлаит-флюоритовом месторождении и известняках катавской свиты; состав его сходен (Cu_3Au_2 , примеси Ag (4.7–7.4 мас. %), Zn (≈ 1 мас. %) и иногда Fe (0.8 мас. %)). Медистое Au ассоциирует с халькопиритом. Вмещающие его породы обогащены Cu, реже – Ba, Zn, Pb, As. В двух первых объектах Au приурочено к эндо- или экзоконтактам габбродолеритов инзерского (?) комплекса и связано, по-видимому, с деятельностью постмагматических флюидов. Медистое Au в катавских известняках выступает следствием ретроградной стадии скарнового процесса.

Основываясь на данных о РЗЭ минерализации в породах рифея авторы работы (Ковалев С.Г., Ковалев С.С., 2022) отметили, что ресурсный потенциал и перспективы этого минерального сырья до конца не изучены. Предполагается, что промышленный интерес могут представлять россыпи монацита в верховьях р. Бол. Авзян и обогащенные РЗЭ риолиты хр. Бол. Шатак.

А.А. Гараева с соавторами (2022) установили параметры и возможные источники флюидов для кварц-анкеритового метасоматоза, проявленного в терригенно-карбонатных толщах среднего рифея. Авторы исследовали газово-жидкие включения в метасоматических сидеритах и сингенетичном им кварце. Выяснено, что анкериты образованы флюидом, в состав которого входили и катагенетическая и ювенильная компоненты. Последнее подтверждается относительно высокими для осадочного бассейна температурами гомогенизации первичных газово-жидких включений в кварце, их низкой соленостью, участием в составе флюида хлоридов Mg, K и Fe, относительно высоким расчетным давлением (1.6–2.0 кбар) и рядом других фактов. В процессе метасоматоза состав флюида менялся с относительно высокотемпературного Fe-Cl с примесью Mg, K и Na на высококальциевый хлоридный с примесью Mg и Na.

Первые данные о РЗЭ минерализации в породах дифференцированных интрузий западного склона Южного Урала приведены в работе (Ковалев С.Г., Ковалев С.С., 2023). В породах шуйдинского, мисалгинского, ишлинского и лысогогорского комплек-

сов обнаружены монацит-(Ce), алланит-(Ce), торит, цирконолит-(Y) и др. Высказано мнение, что РЗЭ минералообразование в породах основного/ультраосновного состава обусловлено дифференциацией расплава в магматической камере. Различия химического состава магматических и метаморфогенных минералов РЗЭ объясняется различным химизмом среды минералообразования.

Изучение минералогии пород шатакского комплекса позволило установить, что в них присутствуют многочисленные РЗЭ минералы: алланит-(Ce), монацит-(Ce), -(La) и -(Nd), ксенотим-(Y), ниобозинит-(Y), эшинит-(Y), таленит-(Nd), таленит-(Dy), синхизит-(Ce), Ce-La-Fe-оксид, силикаты Y и Ce, соединение Ce-Fe, а также РЗЭ-содержащие эпидот, фторопатит и родохрозит. В вулканогенно-осадочных породах впервые в мировой практике обнаружена минерализация, представленная соединениями переменного состава, образующими изоморфный ряд: трифторид (La, Ce) F_3 – оксифторид (La, Ce)OF – оксид (La, Ce) O_3 (Ковалев и др., 2023, 2024б). Основными факторами формирования минерализации являются условия и характер метаморфизма и химизм среды минералообразования (Ковалев и др., 2024а). Авторы полагают, что видовое разнообразие минералов РЗЭ и особенности их химического состава делают шатакский комплекс уникальным объектом для изучения процессов РЗЭ минералообразования в разнообразных петротипах пород, сформировавшихся в единой геотектонической обстановке и объединенных общими термобарическими параметрами метаморфизма.

По данным авторов публикации (Мичурин и др., 2023), песчаники бирьянской подсвиты в разрезе на западном склоне хр. Зильмердак обладают повышенными (2–13 раз больше кларка) концентрациями As. Главными минералами-концентраторами его являются арсенопирит и гетит. Выявлена приуроченность As к гравелитам с прослоями аркозовых песчаников, которые подстилаются алевролитами. Предполагается, что последние выступали флюидоупором при послонной движении метасоматических флюидов. Породы разреза обладают литологическими, геохимическими и минералогическими поисковыми признаками на Au оруденение.

В работе (Крупенин, 2024а) обоснован вывод, что промышленно-генетические типы магнетитовых месторождений включают три основные группы: 1) те, что сформированы в континентальных гипергенных эвапоритовых обстановках в парагенезе с гипербазитами; 2) седиментационно-диагенетические биогенно-связанные, образовавшиеся в терригенно-карбонатных эвапоритовых субаэральных условиях; 3) катагенные термально-рассольные в карбонатных толщах морского и лагунного генезиса. В отдельную группу выделены тальк-

магнетитовые породы, образованные при CO_2 метасоматозе по гипербазитам.

Возникновение месторождений метасоматических магнетитов и сидеритов, локализованных среди осадочных толщ рифея Южного Урала обусловлено уникальным сочетанием климатических, литогенетических, структурных и геодинамических факторов (Крупенин, 2024б). Они формировались на этапах термально-рассольной активизации в крупной Приуральской надрифтовой впадине (Крупенин, 2022). По мнению автора, саморазвитие подобных структур зависит от ряда условий, в том числе палеогеографии и типа климата. Чередование аридной или гумидной седиментации, а также субаэральных и субаквальных обстановок приводило к накоплению в осадочных резервуарах пресных или морских/рассольных вод, являющихся предтечами эпигенетических флюидов. Миграция флюидов в совокупности с эндогенным теплом во время эпизодов рифтогенеза – главный фактор минералообразования. С первым этапом (1400–1350 млн лет назад) связано образование магнетитов Сатки и Бакала. На втором этапе (1250–1200 млн лет назад) образованы флюориты, Fe-магнетиты, бариты и полиметаллы. Сидериты Бакала и, возможно, анкериты и гематит сформированы 1000–950 млн лет назад.

Авторы публикации (Самигуллин, Мичурин, 2024) охарактеризовали позднюю гипергенную минерализацию в породах зигазино-комаровской свиты в разрезе у д. Кагарманово, где внутри сульфидизированной толщи низкоуглеродистых глинистых сланцев широко развиты сульфатные минералы и фосфаты (копиапит, феррикопиапит, пиккерингит, алуноген). Указано, что наиболее интенсивно гипергенная минерализация формировалась в течение последних 15 лет после вскрытия пород при строительстве автодороги Белорецк – Старосубхангулово. Полученные результаты необходимо учитывать при геоэкологическом мониторинге окружающей среды.

По данным С.В. Мичурина и А.А. Шариповой (2024), медистое Au в породах Башкирского мегантиклинория обладает сравнительно редким химическим составом, определяемым в том числе высоким содержанием Zn. Исходя из анализа ряда данных, авторы предполагают, что образование медистого Au связано с деятельностью постмагматических флюидов.

На основе результатов изучения включений в селлаите, различных генерациях флюорита и кварце месторождения Суран методом вакуумной декрепитации в статье (Мичурин и др., 2024) сделан вывод, что начальные температуры минералообразующих флюидов могли достигать 360–400°C. Это подтверждается, по мнению авторов, и присутствием в зеленых флюоритах медистого Au, образованного при температурах $\approx 385^\circ\text{C}$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Завершая обзор публикаций 2010–2024 гг. по минерализации и минерагении рифея Башкирского мегантиклинория, отметим следующее.

В осадочных и магматических породах рифея осевой части названной структуры, в первую очередь содержащих низкоуглеродистые глинистые сланцы, прежде всего в зонах их сложной дислоцированности, прорванных магматическими образованиями, выявлена обильная халькопирит-пирротин-пиритовая минерализация. К низкоуглеродистым сланцам приурочены находки монацита, уранинита, ураноцирцита, U-торита, торита, коффинита, самородного Ag и соединений Ag, в том числе фурутобит, сульфоселеноарсенид Au и Ag, Mo-содержащий галенит и пирротин со значимым содержанием Au, Se и Mo. Апомагматические (хлорит-клиноцоизит(эпидот)-полевошпатамфиболовые) породы таких зон обогащены некогерентными элементами и обладают аномально высокими концентрациями Cs, Th, U и K. Исследования содержаний благородных металлов в терригенных породах нижнего и среднего рифея и разновозрастных им осадочных образованиях, приуроченных к указанным сложнодислоцированным тектоническим зонам, показало, что последним присуща благороднометалльная (ЭПГ и Au) геохимическая специализация.

Все сказанное позволяет считать, что геохимическая специализация осадочного субстрата подобных зон была сформирована на этапе ранне-среднерифейского рифтогенеза и становления Машакской КМП в результате его флюидной переработки (рудоподготовительный этап). Благодаря последней в осадочных породах субстрата появились и геохимические аномалии ЭПГ. Представляется также, что сидерофильная мантийная геохимическая специфика, а также находки ЭПГ и Au в черносланцевых породах рифея обусловлены пространственной совмещенностью их с магматическими породами, характеризующимися соответствующей геохимической специализацией. На этапе коллизии в позднем венде породы рассматриваемых зон вновь были вовлечены в масштабные гидротермальные изменения, способствовавшие появлению сульфидно-редкометалльно-U-Th минерализации. Таким образом, поздневендский этап развития Башкирского мегантиклинория – это этап рудогенерирующий, для которого характерно появление метаморфогенно-гидротермальных минеральных ассоциаций. Сделан вывод, что перспективными для обнаружения на территории Башкирского мегантиклинория новых рудных объектов могут рассматриваться только тектонически переработанные черносланцевые отложения.

Этот вывод хорошо подтверждается результатами изучения несколько более сильно трансфор-

мированных тектоническими и метаморфическими процессами осадочных образований зигаино-комаровской свиты Белорецкого метаморфического комплекса, где в сульфидизированных углеродистых сланцах выявлена Pd-Au-редкометалльная геохимическая ассоциация с высокими концентрациями Au, повышенными содержаниями благородных металлов и W. Кроме того, в гематитизированных углеродистых сланцах зигаино-комаровской свиты в северной части названного метаморфического комплекса выявлена и РЗЭ минерализация (монацит, флоренсит и ксенотим), а также найдены дендритовые выделения самородной Cu с примесью Sn.

Следует отметить и исследования минерализации конгломератов, широко распространенных в машакской свите. Установлено, что конгломераты кузьелгинской и каранской подсистемы характеризуются повышенными концентрациями As, Se, Te, Sn, V, Cr, Ni, Co, Mn, Cu и Zn, а содержание Pt, Pd и Au в них на 2.0–3.5 порядка выше кларка. Это очень интересные выводы, однако они могут так и остаться имеющими чисто геохимический и минералогический интерес, поскольку позднекембрийские конгломераты нигде в мире не содержат промышленно значимых концентраций полезных компонентов.

Упомянем также находки кальциоанкилита в терригенных породах суранской свиты, алланита, самородного Au с высоким содержанием Cu.

В магматических породах ряда комплексов (шуйдинском, мисаелгинском, ишлинском и др.) обнаружены монацит-(Ce), алланит-(Ce), торит, цирконолит-(Y) и др. Изучение пород шатакского комплекса позволило установить присутствие в них РЗЭ-минералов: алланита-(Ce), монацита-(Ce), -(La) и -(Nd), ксенотима-(Y), ниобозинита-(Y), эшинита-(Y), таленита-(Nd) и -(Dy), синхизита-(Ce), Ce-La-Fe-оксида, силикатов Y и Ce, РЗЭ-содержащего эпидота, F-апатита и родохрозита. В вулканогенно-осадочных породах названного комплекса установлены соединения, образующие изоморфный ряд: трифторид (La, Ce)F₃ – оксифторид (La, Ce)OF – оксид (La, Ce)₂O₃.

Наконец, в самое последнее время увидела свет работа, в которой охарактеризована гипергенная минерализация (копиапит, феррикопиапит, пиккерингит, алуноген и др.) в породах зигаино-комаровской свиты, образовавшаяся практически на наших глазах в течение 10–15 лет после реконструкции автодороги Белорецк – Старосубхангулово. Эти материалы имеют и чисто минералогический интерес, но также, очевидно, должны учитываться при мониторинге разнообразных рисков.

Исследования минерагенической направленности ознаменовались рядом интересных работ и крупных результатов. Так, показано, что наиболее перспективны на обнаружение W-содержащих объектов черносланцевые толщи зигаино-кома-

ровской и аюсапканской свит Башкирского мегантиклинория. Подробно охарактеризованы структурно-морфологические типы и условия локализации тальковых проявлений Белорецкого района, где оруденение представлено мало-Fe талькитами и тальковыми камнями апокарбонатного типа. Залежи талька имеют гидротермально-метасоматический генезис и приурочены к доломитсодержащим пачкам кызылташской и авзянской свит. Образование талькитов происходило в доломитовых толщах на флангах магнетитовых залежей у контактов с обломочными породами.

Установлены типоморфные признаки присутствующего в породах рифея Южного Урала кварца, что заметно повышает вероятность удачных прогноза и поиска золоторудных зон и рудных полей и тел.

Охарактеризованы прогнозно-поисковые признаки гидротермально-метаморфогенного штокверкового и прожилково-вкрапленного типов оруденения и предложена модель формирования золоторудных объектов, локализованных в углеродистых сланцах рифея Южного Урала. Обоснована значимость как поискового признака на Au оруденение приуроченности золоторудной минерализации к внешней зоне зеленосланцевой фации метаморфизма.

Рассмотрены прогнозные факторы пигментного оруденения Зигаино-Комаровского рудного района. Обращено внимание на постоянную связь этого типа руд с флангами залежей плотных бурых железняков, сидеритов и анкеритов.

Наконец, все рассматриваемые нами годы продолжался крупный комплекс исследований, направленных на реконструкцию процессов формирования локализованных среди осадочных толщ рифея Башкирского мегантиклинория месторождений сидеритов, магнетитов, флюорита и др. Так как в обзоре они занимают существенное место, сформулируем здесь суть полученных выводов предельно кратко, тем более что они уже хорошо представлены их авторами. Использование комплекса разнообразных подходов и методов позволило установить, что формирование месторождений метасоматических магнетитов и сидеритов обусловлено уникальным сочетанием климатических, литогенетических, структурных и геодинамических факторов. Так, чередование аридной и гумидной седиментации, а также субаэральных и субаквальных обстановок приводило к захоронению в осадочно-породных бассейнах пресных или морских вод (рассолов), которые выступали предшественниками эпигенетических флюидов. Миграция последних в совокупности с эндогенным теплом во время эпизодов рифтогенеза считается главным фактором минералообразования. Намечено несколько этапов минерагениза (рис. 1). На первом этапе (1400–1350 млн лет назад) произошло образова-

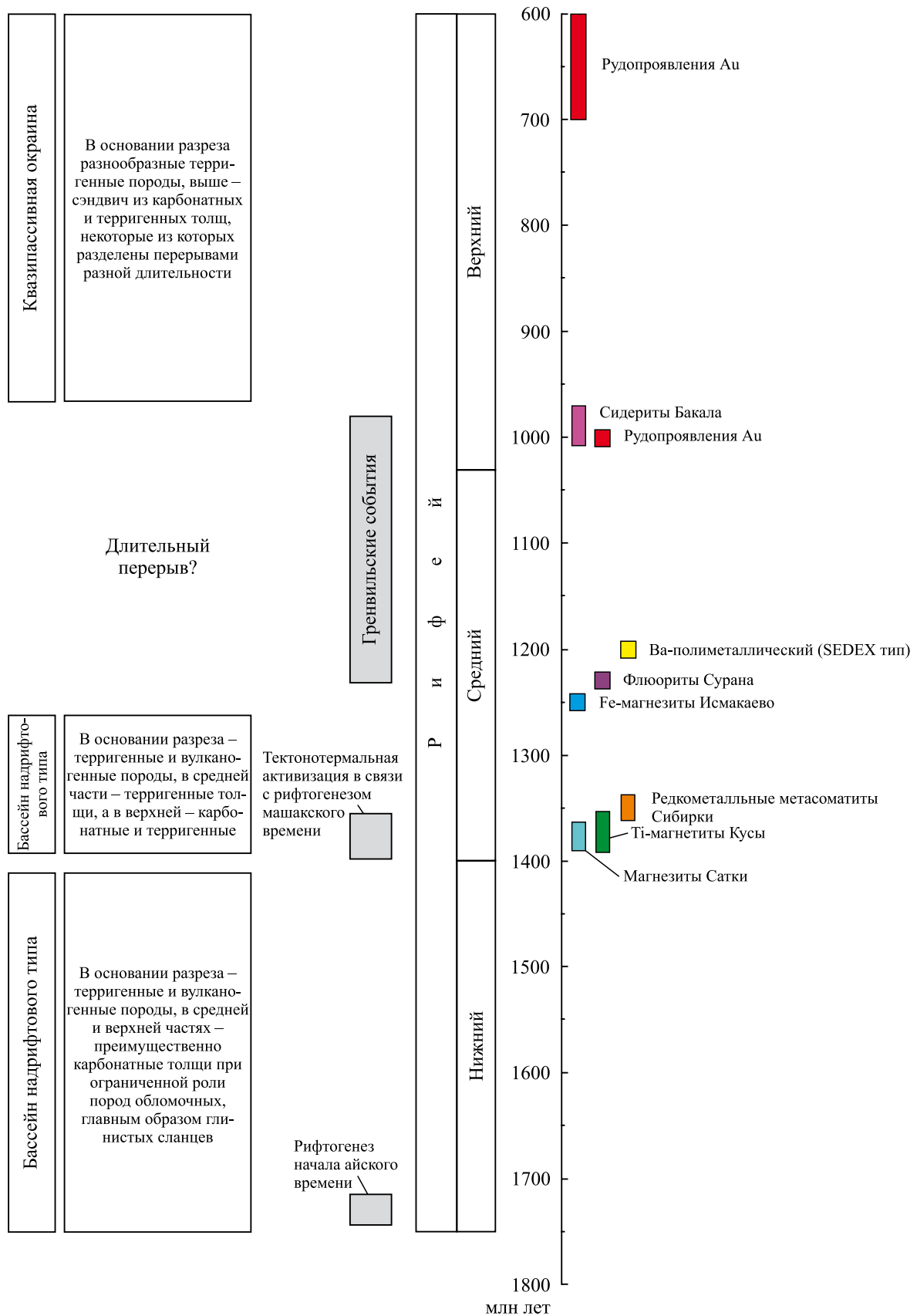


Рис. 1. Общие особенности седиментационных серий рифея Башкирского мегантиклинория, время формирования ряда месторождений и проявлений (магнетиты, сидериты, флюориты, Ti-магнетиты и др.), локализо-

ванных среди осадочных толщ рифея, эпохи рифтогенеза и тектонотермальной активизации (построено с учетом материалов публикаций (Холоднов, Шагалов, 2012; Шарипова, Мичурин, 2015, 2016; Крупенин, 2024б; и др.)).

Возраст нижних границ нижнего и среднего рифея показан в соответствии с представлениями (Краснобаев и др., 2013а, б; Семихатов и др., 2015).

Fig. 1. General features of the Riphean sedimentation series of the Bashkir meganticlinorium, the formation time of a number of deposits and occurrences (magnesites, siderites, fluorites, Ti-magnetites, etc.), localized among the sedimentary strata of the Riphean, the epoch of rifting and tectonic-thermal activation (constructed taking into account the publications (Kholodnov, Shagalov, 2012; Sharipova, Michurin, 2015, 2016; Krupenin, 2024b; etc.)).

The age of the lower boundaries of the Lower and Middle Riphean is shown in accordance with the ideas of (Krasnobayev et al., 2013a, b; Semikhatov et al., 2015).

ние магнетитов Сатки и Бакала. На втором (1250–1200 млн лет назад) сформированы флюориты, Фермагнетиты, бариты и полиметаллы. Наконец, 1000–950 млн лет назад были образованы сидериты Бакала, а также, возможно, залежи анкеритов и гематит. Результаты исследования Sr-Nd систематики магнетитов позволяют предполагать, что рудоносные флюиды имели мантийно-коровую природу, однако влияние мантийных растворов было в целом незначительным. Основными источниками флюида выступали, вероятно, морская вода и породы континентальной коры.

Благодарности

Автор признателен анонимным рецензентам, замечания и советы которых позволили так или иначе улучшить данный обзор. Иллюстрация к статье подготовлена Н.С. Глушковой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Высоцкий С.И., Ковалев С.Г. (2016) К вопросу о золотоносности кузельгинской подсвиты машакской свиты (западный склон Южного Урала). *Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана, Урала и сопредельных территорий*. Мат-лы XI межрегион. науч.-практ. конф. Уфа: ДизайнПресс, 123-125.
- Высоцкий С.И., Ковалев С.Г. (2018) Торий-редкоземельная минерализация в породах шатакского комплекса (Башкирский мегантиклинорий). *Проблемы минералогии, петрографии и металлогении*. Мат-лы науч. чтений памяти П.Н. Чирвинского, вып. 21. Пермь: ПГНИУ, 10-17.
- Гараева А.А., Крупенин М.Т., Мичурин С.В., Солошенко Н.Г. (2022) Параметры и возможные источники флюидов для кварц-анкеритового метасоматоза в терригенно-карбонатных толщах среднего рифея (Южный Урал). *XIX Всерос. конф. по термобарогеохимии, посвящая памяти И.Т. Бакуменко*. Новосибирск: ИГМ СО РАН, 15-16.
- Грановская Н.В. (2016) Термобарогеохимические особенности синрудного кварца на проявлениях апокарбонатного талька Башкирского антиклинория. *Проблемы минералогии, петрографии и металлогении*. Мат-лы науч. чтений памяти П.Н. Чирвинского, вып. 19. Пермь: ПГНИУ, 18-23.
- Грановская Н.В., Кочергин А.В. (2020) Структурно-морфологические типы и условия локализации апокарбонатного талькового сырья в Белорецком районе Западно-Уральской провинции. *Геология руд. месторождений*, **62**(6), 529-547.
- Грановская Н.В., Кочергин А.В., Грановский А.Г., Ларионов Н.Н. (2010) Прогнозные факторы пигментного оруденения на примере Зигазино-Комаровского железорудного района (Южный Урал). *Отчет геол.*, (6), 12-18.
- Захарова А.Г., Мичурин С.В., Шарипова А.А. (2018а) Минералогические и геохимические особенности отложений бердагуловской подсвиты суранской свиты нижнего рифея по результатам шлихового опробования (Южный Урал). *Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана, Урала и сопредельных территорий*. Мат-лы XII межрегион. науч.-практ. конф. СПб.: Свое издательство, 227-237.
- Захарова А.Г., Мичурин С.В., Шарипова А.А. (2018б) Минералогические и геохимические особенности отложений большеинзерской и суранской свит нижнего рифея по результатам шлихового опробования (Южный Урал). *Геология, геоэкология и ресурсный потенциал Урала и сопредельных территорий*. Мат-лы VI Всерос. молодеж. геол. конф. СПб.: Свое издательство, 88-92.
- Захарова А.Г., Мичурин С.В., Шарипова А.А. (2018в) Минералогический состав и геохимические особенности аллювиальных отложений большеинзерской и суранской свит нижнего рифея (Южный Урал). *Вестн. АН РБ*, **29**(4), 52-62.
- Захарова А.Г., Мичурин С.В., Шарипова А.А. (2019) Минералогические особенности большеинзерской свиты нижнего рифея (Южный Урал) по результатам шлихового опробования. *Проблемы минералогии, петрографии и металлогении*. Науч. чтения памяти П.Н. Чирвинского, вып. 22. Пермь: ПГНИУ; ГИ УрО РАН, 37-44.
- Кобзарева Ж.С., Грановская Н.В. (2014) Типоморфные признаки жильного кварца при поисках золоторудных объектов (на примере западного склона Южного Урала). *Вестн. ИГ Коми НЦ УрО РАН*, (7), 12-16.
- Ковалев С.Г. (2010) Новые находки минералов на западном склоне Южного Урала и их геологические следствия. *Геология. Изв. Отд. наук о Земле и природных ресурсов АН РБ*, (15), 116-121.
- Ковалев С.Г. (2012а) Благороднометалльное оруденение в докембрийских конгломератах западного склона Южного Урала. *Георесурсы*, **8**(50), 28-33.

- Ковалев С.Г. (2012б) Рудоносность черносланцевых отложений (на примере западного склона Южного Урала). *Металлогения древних и современных океанов – 2012*. Мат-лы XVIII Научной молодеж. шк. Миасс: ИМин УрО РАН, 19-23.
- Ковалев С.Г. (2013) Благороднометаллическая специализация вулканогенно-осадочных комплексов западного склона Южного Урала. *Металлогения древних и современных океанов – 2013*. Мат-лы XIX Науч. молодеж. шк. Миасс: ИМин УрО РАН, 71-75.
- Ковалев С.Г., Высоцкий И.В., Ковалев С.С. (2011) Геохимия и изотопные характеристики углерода черносланцевых толщ Улуелгинско-Кудашмановской зоны (западный склон Южного Урала). *Геология. Изв. Отд. наук о Земле и природных ресурсов АН РБ*, (16), 20-32.
- Ковалев С.Г., Высоцкий И.В., Мичурин С.В., Ковалев С.С. (2013а) Геология, минералогия и металлогеническая специализация углеродсодержащих толщ Улуелгинско-Кудашмановской зоны (западный склон Южного Урала). *Литосфера*, (3), 67-88.
- Ковалев С.Г., Высоцкий И.В., Пучков В.Н., Маслов А.В., Гареев Э.З. (2013б) Геохимическая специализация структурно-вещественных комплексов Башкирского мегантиклинория. Уфа: ДизайнПресс, 268 с.
- Ковалев С.Г., Высоцкий С.И., Ковалев С.С., Котляров В.А. (2017а) Сульфидно-селенидная минерализация в вулканогенно-осадочных породах шатакского комплекса (Башкирский мегантиклинорий). *Вестн. ИГ Коми НЦ УрО РАН*, (7), 21-27.
- Ковалев С.Г., Высоцкий С.И., Пучков В.Н. (2017б) Первые находки парагенетической Th-P3Э-минерализации в докембрийских породах шатакского комплекса (Южный Урал). *Докл. АН*, **476**(5), 547-552.
- Ковалев С.Г., Гареев Э.З., Маслов А.В. (2014а) Первые данные о благороднометаллической специализации терригенных пород нижнего и среднего рифея Южного Урала. *Изв. вузов. Геология и разведка*, (4), 33-37.
- Ковалев С.Г., Гареев Э.З., Маслов А.В. (2014б) Элементы платиновой группы в терригенных отложениях бурзяния Башкирского мегантиклинория. *Виртуальные и реальные литологические модели*. Мат-лы 10 Урал. литол. сов. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 78-80.
- Ковалев С.Г., Ковалев С.С. (2015) Благороднометаллический ресурсный потенциал терригенных отложений Башкирского мегантиклинория. *Вестн. АН РБ*, **20**(1), 33-41.
- Ковалев С.Г., Ковалев С.С. (2022) Редкоземельная минерализация западного склона Южного Урала: видовой разнообразие и ресурсный потенциал. *Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана, Урала и сопредельных территорий*. Мат-лы XIV Межрегион. науч.-практ. конф. М.: Перо, 84-88.
- Ковалев С.Г., Ковалев С.С. (2023) Первые данные о Th-REE минерализации в магматических породах основного-ультраосновного состава западного склона Южного Урала. *Георесурсы*, **25**(1), 95-107.
- Ковалев С.Г., Ковалев С.С., Высоцкий С.И. (2017в) Торий-редкоземельная минерализация в докембрийских породах Башкирского мегантиклинория: видо-вое разнообразие и генезис. *Зап. РМО*, **146**(5), 59-80.
- Ковалев С.Г., Ковалев С.С., Высоцкий С.И. (2019а) Алланиты Башкирского мегантиклинория: видовой разнообразие и генезис. *Проблемы минералогии, петрографии и металлогении*. Науч. чтения памяти П.Н. Чирвинского, вып. 22. Пермь: ПГНИУ; ГИ УрО РАН, 58-62.
- Ковалев С.Г., Ковалев С.С., Шарипова А.А. (2023) Первые данные о редкоземельной минерализации в кислых разновидностях пород шатакского комплекса (Южный Урал). *Литосфера*, **23**(5), 910-929.
- Ковалев С.Г., Ковалев С.С., Шарипова А.А. (2024а) Редкоземельная минерализация в вулканогенно-осадочных породах шатакского комплекса (Южный Урал). *Геол. вестн.*, (1), 13-38.
- Ковалев С.Г., Ковалев С.С., Шарипова А.А. (2024б) Редкоземельная минерализация в породах западного склона Южного Урала: видовой разнообразие и особенности химического состава. *Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана, Урала и сопредельных территорий*. Мат-лы XV Межрегион. науч.-практ. конф. М.: Перо, 102-105.
- Ковалев С.Г., Кринов Д.И., Мичурин С.В. (2010) Первая находка минералов урана и тория в черносланцевых породах Южного Урала. *Докл. АН*, **430**(6), 797-801.
- Ковалев С.Г., Крупенин М.Т. (2012) Геохимия терригенных пород большеинзерской свиты (западный склон Южного Урала) в связи с рудообразованием. *Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана, Урала и сопредельных территорий*. Мат-лы IX Межрегион. науч.-практ. конф. Уфа: ДизайнПолиграфПресс, 82-84.
- Ковалев С.Г., Маслов А.В., Гареев Э.З. (2016а) Благороднометаллическая специализация терригенных пород нижнего и среднего рифея Южного Урала. *Литология и полез. ископаемые*, (6), 530-546.
- Ковалев С.Г., Маслов А.В., Ковалев С.С. (2020) Минералого-геохимические аспекты поведения редкоземельных элементов при метаморфизме (на примере верхнедокембрийских структурно-вещественных комплексов Башкирского мегантиклинория, Южный Урал). *Георесурсы*, **22**(2), 56-66.
- Ковалев С.Г., Мичурин С.В., Канипова З.А., Крупенин М.Т. (2016б) Термокриометрия и флюидоносность жильного кварца из рифейских углеродсодержащих сланцев Башкирского мегантиклинория. *Геология. Изв. Отд. наук о Земле и природных ресурсов АН РБ*, (22), 28-37.
- Ковалев С.Г., Пучков В.Н., Ковалев С.С., Высоцкий С.И. (2019б) Редкие Th-Sc-минералы в пикритах Южного Урала и их генетическое значение. *Докл. АН*, **484**(6), 721-724.
- Ковалев С.Г., Сначев В.И., Романовская М.А. (2017г) Геохимическая специализация терригенных отложений Башкирского мегантиклинория. *Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология*, (3), 41-49.
- Ковалев С.С., Ковалев С.Г. (2017) Первая находка кальциоанкилита в терригенных породах Башкирского мегантиклинория. *Геология. Изв. Отд. наук о Земле и природных ресурсов АН РБ*, (23), 45-50.
- Ковалев С.С., Ковалев С.Г., Тимофеева Е.А. (2017д) Новые данные по геологии, геохимии и минералогии суранского и интуратовского разрезов (Башкирский мегантиклинорий). *Геол. сб. № 13*. СПб.: Свое изда-

- тельство, 100-118.
- Ковалев С.С., Шарипова А.А., Ковалев С.Г., Мичурин С.В. (2016) Минералогия черносланцевых отложений Улуелгинско-Кудашмановской зоны (Башкирский мегантиклинорий). *Вестн. АН РБ*, 21(2), 53-64.
- Краснобаев А.А., Козлов В.И., Пучков В.Н., Бушарина С.В., Сергеева Н.Д., Падерин И.П. (2013а) Цирконовая геохронология машакских вулканитов и проблема возраста границы нижний – средний рифей (Южный Урал). *Стратиграфия. Геол. корреляция*, 21(5), 3-20.
- Краснобаев А.А., Пучков В.Н., Козлов В.И., Сергеева Н.Д., Бушарина С.В., Лепехина Е.Н. (2013б) Цирконология навьшских вулканитов айской свиты и проблема возраста нижней границы рифея на Южном Урале. *Докл. АН*, 448(4), 437-442.
- Крупенин М.Т. (2014) Седименто- и литогенетические модели магнезиального метасоматоза в шельфовых терригенно-карбонатных последовательностях стратотипа рифея. *Виртуальные и реальные литологические модели*. Мат-лы X Урал. литол. сов. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 88-90.
- Крупенин М.Т. (2015) Физико-химическое изучение магнезиальных карбонатных минералов (месторождения кристаллического магнезита). *Минералы: строение, свойства, методы исследования*. Мат-лы VII Всерос. молодеж. науч. конф. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 67-69.
- Крупенин М.Т. (2016а) Масштабный Mg-Fe метасоматоз в терригенно-карбонатных толщах рифея Южного Урала – источники вещества и стадийность. *Петрология магматических и метаморфических комплексов*. Мат-лы Всерос. петрограф. конф. с междунар. участием. Томск: Томский центр научно-технической информации, 162-167.
- Крупенин М.Т. (2016б) Типизация магнезиально-железистых метасоматитов в карбонатных отложениях рифея Южного Урала. *Осадочные комплексы Урала и прилегающих регионов и их минерогения*. Мат-лы XI Урал. литол. сов. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 129-132.
- Крупенин М.Т. (2016в) Типовые месторождения магнезита Южноуральской провинции: геологические условия, состав и генезис. *Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана, Урала и сопредельных территорий*. Мат-лы XI Межрегион. науч.-практ. конф. Уфа: ДизайнПресс, 137-139.
- Крупенин М.Т. (2017а) Температурные ограничения метасоматоза Бакальских сидеритовых месторождений по геохимическим данным. *Вестн. Перм. ун-та. Геология*, 16(2), 167-178.
- Крупенин М.Т. (2017б) Физико-химические параметры карбонатного Mg-Fe метасоматоза в типовом разрезе рифея (западный склон Южного Урала). *Петрология магматических и метаморфических комплексов*. Мат-лы IX Всерос. конф. с междунар. участием. Томск: Томский центр научно-технической информации, 251-255.
- Крупенин М.Т. (2018а) Исчезнувшие эвапориты в типовом разрезе нижнего рифея (признаки былого присутствия, возможные механизмы растворения). *Осадочная геология Урала и прилегающих регионов: сегодня и завтра*. Мат-лы XII Урал. литол. сов. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 144-147.
- Крупенин М.Т. (2018б) Коллапс-брекчии как признак былого присутствия эвапоритов (саткинская свита нижнего рифея, Южный Урал). *Вестн. Перм. ун-та. Геология*, 17(4), 342-358.
- Крупенин М.Т. (2022) Кристаллические магнезит и сидерит в надрифтовой впадине: источник флюида, стадийность Mg-Fe метасоматоза. *Петрология магматических и метаморфических комплексов*. Мат-лы XI Всерос. петрограф. конф. с междунар. участием. Томск: Милон, 54-62.
- Крупенин М.Т. (2024а) Еще раз о классификации промышленно-генетических типов магнезитовых месторождений. *Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана, Урала и сопредельных территорий*. Мат-лы XV Межрегион. науч.-практ. конф. М.: Перо, 117-120.
- Крупенин М.Т. (2024б) Магнезиально-железистые карбонатные руды в рифейских отложениях Башкирского мегантиклинория (источники вещества, этапы и механизмы образования). *Металлогения древних и современных океанов – 2024*. Мат-лы XXX Юбилейной молодеж. науч. шк. им. проф. В.В. Зайкова. Миасс: ЮУФНЦМиГ УрО РАН, 28-31.
- Крупенин М.Т., Гараева А.А. (2011) К характеристике флюидного режима магнезитового метасоматоза на Саткинских месторождениях (криотермометрия флюидных включений в синрудном кварце). *Тр. ИГГ УрО РАН*, вып. 158, 152-156.
- Крупенин М.Т., Гараева А.А. (2014а) Изотопно-геохимическая верификация физико-химической модели метасоматического образования магнезита в доломитах (Саткинские месторождения). *Виртуальные и реальные литологические модели*. Мат-лы 10 Урал. литол. сов. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 90-92.
- Крупенин М.Т., Гараева А.А. (2014б) Флюидный режим магнезитового метасоматоза Исмакаевского месторождения Южно-Уральской провинции (термокриометрия флюидных включений). *Тр. ИГГ УрО РАН*, вып. 161, 311-315.
- Крупенин М.Т., Гараева А.А. (2015) Источники флюидов для метасоматических магнезитов Исмакаевского месторождения Южно-Уральской провинции (термокриометрия флюидных включений). *Литосфера*, (2), 133-139.
- Крупенин М.Т., Гараева А.А. (2022) Ограничения параметров флюидного режима сидеритового метасоматоза на Бакальских месторождениях (Южный Урал) по данным изучения флюидных включений. *XIX Всерос. конф. по термобарогеохимии, посвящ. памяти И.Т. Бакуменко*. Новосибирск: НИИГУ, 53-54.
- Крупенин М.Т., Гуляева Т.Я., Галахова О.Л., Маканов С.В., Хиллер В.В., Замятин Д.А. (2013а) Генетические особенности доломитов Саткинского магнезитового месторождения по данным рентгенографии и микрозондирования. *Тр. ИГГ УрО РАН*, вып. 160, 207-212.
- Крупенин М.Т., Гуляева Т.Я., Щапова Ю.В. (2013б) Кристаллохимические особенности вмещающих и вторичных доломитов саткинских магнезитовых месторождений по данным рентгеновской дифракции и ЭПР. *Минералы: строение, свойства, методы исследования*. Мат-лы V Всерос. молодеж. науч. конф., вып. 5. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 98-101.

- Крупенин М.Т., Ковалев С.Г. (2013) Геохимические различия фоновых и метасоматических карбонатов Саткинского месторождения кристаллических магнетитов (Южноуральская провинция). *Проблемы минералогии, петрографии и металлогении*. Науч. чтения памяти П.Н. Чирвинского, вып. 16. Пермь: ПГНИУ, 292-298.
- Крупенин М.Т., Кольцов А.Б., Маслов А.В. (2013в) Физико-химическая модель формирования Саткинского месторождения кристаллического магнетита. *Докл. АН*, **452**(4), 438-440.
- Крупенин М.Т., Кузнецов А.Б. (2012) Изотопно-геохимические признаки метасоматоза на Исмакаевском месторождении кристаллических магнетитов. *Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана, Урала и сопредельных территорий*. Мат-лы IX Межрегион. науч.-практ. конф. Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 87-89.
- Крупенин М.Т., Кузнецов А.Б., Константинова Г.В. (2012а) Геохимия РЗЭ и изотопов Sr-Nd магнетитов и вмещающих карбонатных пород Саткинского рудного поля, Южный Урал. *Тр. ИГГ УрО РАН*, вып. 159, 163-168.
- Крупенин М.Т., Кузнецов А.Б., Константинова Г.В. (2013г) Особенности Sr-Nd систематики магнетитов Паленихинского месторождения (Саткинское рудное поле, Южный Урал). *Тр. ИГГ УрО РАН*, вып. 160, 249-254.
- Крупенин М.Т., Кузнецов А.Б., Константинова Г.В. (2014) РЗЭ и Sr-Nd систематика кристаллических магнетитов и вмещающих карбонатных пород Исмакаевского месторождения, Южный Урал. *Проблемы минералогии, петрографии и металлогении*. Науч. чтения памяти П.Н. Чирвинского, вып. 17. Пермь: ПГНИУ, 239-248.
- Крупенин М.Т., Кузнецов А.Б., Константинова Г.В. (2015) Сравнительная Sr-Nd систематика карбонатных пород в типовых магнетитовых месторождениях нижнего рифея Южно-Уральской провинции. *Тр. ИГГ УрО РАН*, вып. 162, 100-106.
- Крупенин М.Т., Кузнецов А.Б., Константинова Г.В. (2016а) Sr-Nd систематика и распределение РЗЭ в типовых магнетитовых месторождениях нижнего рифея Южно-Уральской провинции. *Литосфера*, (5), 58-80.
- Крупенин М.Т., Кузнецов А.Б., Крылов Д.П., Маслов А.В. (2011а) Стабильные изотопы углерода и кислорода как индикаторы магнезиального метасоматоза в отложениях нижнего рифея Южного Урала. *Докл. АН*, **439**(5), 660-664.
- Крупенин М.Т., Кузнецов А.Б., Червяковская М.В., Гуляева Т.Я., Константинова Г.В. (2021) Источник рудоносных флюидов и Sm-Nd возраст сидеритов крупнейшего Бакальского месторождения, Южный Урал. *Геология руд. месторождений*, **63**(4), 336-353.
- Крупенин М.Т., Мичурин С.В. (2011) Изотопно-геохимические характеристики сульфидов из магнетитовых месторождений Южно-Уральской провинции. *Геология. Изв. Отд. наук о Земле и природных ресурсов АН РБ*, (16), 64-80.
- Крупенин М.Т., Мичурин С.В. (2018) Индикаторные изотопно-геохимические характеристики сульфидов из Саткинского магнетитового месторождения (Южно-Уральская провинция). *Докл. АН*, **478**(3), 328-331.
- Крупенин М.Т., Мичурин С.В., Гуляева Т.Я., Леонова Л.В. (2020) Аутигенный калиевый полевой шпат в карбонатных отложениях раннего и среднего рифея – возможные источники. *От анализа вещества – к бассейновому анализу*. Мат-лы XIII Урал. литол. сов. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 103-105.
- Крупенин М.Т., Мичурин С.В., Чередниченко Н.В., Адамович Н.Н. (2013д) Элементы-примеси в пиритах Саткинского рудного поля. *Тр. ИГГ УрО РАН*, вып. 160, 213-223.
- Крупенин М.Т., Мичурин С.В., Шарипова А.А., Гараева А.А., Замятин Д.А., Гуляева Т.Я. (2019) Условия формирования Fe-Mg метасоматических карбонатов в нижнерифейских терригенно-карбонатных отложениях Южного Урала. *Литология и полез. ископаемые*, (3), 262-277.
- Крупенин М.Т., Мичурин С.В., Шарипова А.А., Гараева А.А., Замятин Д.А., Гуляева Т.Я., Петрищева В.Г. (2017) Низкотемпературный Mg-Fe метасоматоз в карбонатных породах (на примере проявления Богряшка, Авзянский рудный район Башкортостана). *Тр. ИГГ УрО РАН*, вып. 164, 125-131.
- Крупенин М.Т., Мичурин С.В., Шарипова А.А., Гуляева Т.Я., Петрищева В.Г. (2016б) Минералогические и геохимические особенности магнезиально-железистых карбонатов Авзянского рудного района Южного Урала в связи с закономерностями метасоматоза. *Вестн. Урал. отд. РМО*, (13), 73-88.
- Крупенин М.Т., Прохаска В., Ронкин Ю.Л. (2012б) Природа фтора и рудообразующих растворов флюоритового месторождения Суран (Башкирский мегантиклинорий) по данным изучения лантаноидов, флюидных включений и Sr-Nd систематики. *Литосфера*, (5), 126-144.
- Крупенин М.Т., Хиллер В.В., Гуляева Т.Я., Петрищева В.Г. (2011б) Аутигенный микроклин в доломитах Саткинского рудного поля. *Вестн. Урал. отд. РМО*, (8), 61-67.
- Ларионов Н.Н. (2016) Рудоносность авзянской терригенно-карбонатной формации. *Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана, Урала и сопредельных территорий*. Мат-лы XI Межрегион. науч.-практ. конф. Уфа: ДизайнПресс, 140-142.
- Мичурин С.В. (2011) О связи тория и золота в рифейских отложениях Башкирского антиклинория. *Геол. сб. № 9*. Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 208-215.
- Мичурин С.В., Казбулатова Г.М., Самигуллин А.А., Шарипова А.А. (2023) Геохимические особенности бирьянской подсвиты зильмердакской свиты верхнего рифея в связи с вопросами рудогенеза (хр. Зильмердак, Южный Урал). *Геол. вестн.*, (3), 13-25.
- Мичурин С.В., Казбулатова Г.М., Султанова А.Г. (2024) К вопросу о температурах образования селлаита и флюорита в месторождении Суран (Южный Урал). *Геол. вестн.*, (1), 64-75.
- Мичурин С.В., Шарипова А.А. (2022) Первые находки медистого золота в рифейских отложениях Башкирского мегантиклинория (Южный Урал). *Вестн. ВГУ. Сер. Геология*, (3), 52-65.
- Мичурин С.В., Шарипова А.А. (2024) Медистое золото в рифейских отложениях Башкирского мегантиклинория. *Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана, Урала и сопредельных*

- территорий*. Мат-лы XV Межрегион. науч.-практ. конф. М.: Перо, 137-140.
- Мичурин С.В., Шарипова А.А., Крупенин М.Т., Замятин Д.А., Мусина А.М., Попов В.А. (2018) Сульфидная минерализация, самородное золото и его геохимические связи в рифейских отложениях Авзянского рудного района (Южный Урал). *Литосфера*, **18**(1), 61-81.
- Мичурин С.В., Шарипова А.А., Мусина А.М. (2017) Корреляционные связи золота в отложениях рифея Башкирского мегантиклинория. *Геол. сб. № 13*. СПб.: Свое издательство, 85-95.
- Овчинникова Г.В., Кузнецов А.Б., Крупенин М.Т., Васильева И.М., Каурова О.К. (2018) Pb-Pb возраст рифейских магнетитов Бакальского рудного поля. *Докл. АН*, **481**(5), 529-533.
- Овчинникова Г.В., Кузнецов А.Б., Крупенин М.Т., Горохов И.М., Каурова О.К., Маслов А.В., Гороховский Б.М. (2014) U-Pb систематика протерозойских магнетитов Саткинского месторождения Южного Урала: источник флюида и возраст. *Докл. АН*, **456**(2), 219-222.
- Пучков В.Н. (2010) Геология Урала и Приуралья (актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении). Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 280 с.
- Савельев Д.Е., Мусабиров И.И., Давлетшин А.Р. (2017) К металлогении углеродистых отложений зигазино-комаровской свиты на горе Ялангас (Южный Урал). *Геол. сб. № 13*. СПб.: Свое издательство, 130-139.
- Сазонов В.Н., Коротеев В.А., Огородников В.Н., Поленов Ю.А., Великанов А.Я. (2011) Золото в "черных сланцах" Урала. *Литосфера*, (4), 70-92.
- Самигуллин А.А., Мичурин С.В. (2024) Первые данные по гипергенной минерализации черных сланцев зигазино-комаровской свиты разреза Кагарманово (Южный Урал). *Геол. вестн.*, (2), 117-129.
- Семихатов М.А., Кузнецов А.Б., Чумаков Н.М. (2015) Изотопный возраст границ общих стратиграфических подразделений верхнего протерозоя (рифей и венда) России: эволюция взглядов и современная оценка. *Стратиграфия. Геол. корреляция*, **23**(6), 16-27.
- Сначев А.В. (2012) Палладий-золото-редкометалльная геохимическая ассоциация в углеродистых сланцах зигазино-комаровской свиты Белорецкого метаморфического комплекса (Южный Урал). *Геология и полезные ископаемые Западного Урала*. Мат-лы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, вып. 12. Пермь: ПГНИУ, 52-55.
- Сначев А.В. (2015а) Использование термического аналога углеродистых сланцев при прогнозировании золотого оруденения (на примере Белорецкого метаморфического купола). *Вестн. АН РБ*, **20**(3), 28-35.
- Сначев А.В. (2015б) Прогнозные ресурсы золота в углеродистых отложениях зигазино-комаровской свиты Белорецкого метаморфического комплекса (Южный Урал). *Металлогения древних и современных океанов – 2015*. Мат-лы Науч. молодеж. школы. Миасс: ЮУФНЦМиГЭ УрО РАН, 138-142.
- Сначев А.В., Пучков В.Н. (2010) Первые находки палладий-золото-редкометалльной минерализации в докембрийских углеродистых сланцах западного склона Южного Урала. *Докл. АН*, **433**(1), 77-80.
- Сначев А.В., Рыкус М.В., Сначев М.В., Романовская М.А. (2013) Модель золотообразования в углеродистых сланцах Южного Урала. *Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология*, (2), 49-57.
- Сначев А.В., Савельев Д.Е., Сначев В.И. (2010) Палладий-золото-редкометалльная геохимическая ассоциация в углеродистых сланцах зигазино-комаровской свиты, Южный Урал. *Руды и металлы*, (4), 14-19.
- Сначев А.В., Сначев В.И. (2017) Перспективы углеродистых отложений Южного Урала на вольфрам и молибден. *Вестн. АН РБ*, **22**(1), 72-82.
- Сначев А.В., Сначев В.И., Ардисламов Ф.Р. (2015) Прогнозные ресурсы золота в углеродистых отложениях зигазино-комаровской свиты Белорецкого метаморфического комплекса (Южный Урал). *Георесурсы*, (4-1), 99-104.
- Сначев В.И. (2016) Сравнительная характеристика металлогении Восточно-Уральского и Башкирского поднятий (Южный Урал). *Проблемы минералогии, петрографии и металлогении*. Науч. чтения памяти П.Н. Чирвинского, вып. 19. Пермь: ПГНИУ, 262-269.
- Сначев В.И., Сначев А.В. (2014) Закономерности размещения золоторудных проявлений в углеродистых отложениях Белорецкого метаморфического комплекса (Южный Урал). *Вестн. ВГУ. Сер. Геология*, (2), 79-87.
- Султанова А.Г., Мичурин С.В., Шарипова А.А. (2019) Особенности минералогического состава песчаников большеинзерской свиты нижнего рифея (Южный Урал) в связи с рудообразованием. *Вестн. ВГУ. Сер. Геология*, (3), 16-22.
- Холоднов В.В., Шагалов Е.С. (2012) Верхний и нижний возрастные рубежи среднерифейских рудоносных (Ti-Fe-V) интрузий кузинско-копанского комплекса на Южном Урале: U-Pb датирование цирконов Медведевского месторождения. *Докл. АН*, **446**(4), 432-437.
- Шарипова А.А., Мичурин С.В., Попов В.А., Канипова З.А. (2011) Жильные карбонатные минералы рудопроявлений золота в нижнерифейских отложениях Башкирского антиклинория. *Геол. сб. № 9*. Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 220-227.
- Шарипова А.А., Мичурин С.В., Веливецкая Т.А., Игнатъев А.В. (2017) Золотоносный пирит в рифейских отложениях Башкирского мегантиклинория (на примере рудопроявления Богряшка). *Вестн. АН РБ*, **22**(1), 83-93.
- Шарипова А.А., Мичурин С.В. (2015) Изотопно-геохимическая характеристика рудопроявлений золота в докембрийских отложениях Башкирского мегантиклинория. *Байкальская молодеж. науч. конф. по геологии и геофизике*. Мат-лы III Всерос. молодеж. науч. конф. Улан-Удэ: ГИ БНЦ СО РАН, 249-252.
- Шарипова А.А., Мичурин С.В. (2016) Изотопные и геохимические особенности рудной минерализации на рудопроявлениях золота в рифейских отложениях Башкирского мегантиклинория. *Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана, Урала и сопредельных территорий*. Мат-лы XI Межрегион. науч.-практ. конф. Уфа: Дизайн-Пресс, 113-116.
- Шарипова А.А., Мичурин С.В., Никонов В.Н., Калистратова Е.О., Горожанин В.М. (2018) Геохимические особенности и распределение РЗЭ в габбро-до-

- леритах Авзянского рудного района (Южный Урал). *Геология, геоэкология и ресурсный потенциал Урала и сопредельных территорий*. Мат-лы VI Всерос. молодеж. геол. конф. СПб.: Свое издательство, 144-148.
- Шарипова А.А., Мичурин С.В., Никонов В.Н., Калистратова Е.О., Горожанин В.М., Захарова А.Г. (2019) Распределение РЗЭ, петро- и геохимические особенности габбро-долеритов Авзянского рудного района (Южный Урал). *Геол. вестн.*, (1), 91-100.
- Prochaska W., Krupenin M. (2013) Formation of magnesite and siderite deposits in the Southern Urals – evidence of inclusion fluid chemistry. *Mineral. Petrol.*, **107**, 53-65.
- REFERENCES
- Garayeva A.A., Krupenin M.T., Michurin S.V., Soloshenko N.G. (2022) Parameters and possible sources of fluids for quartz-ankerite metasomatism in terrigenous-carbonate strata of the Middle Riphean (Southern Urals). *XIX All-Russian Conference on Thermobarogeochemistry, dedicated to the Memory of I.T. Bakumenko*. Novosibirsk, IGM SO RAN, 15-16. (In Russ.)
- Granovskaya N.V. (2016) Thermobarogeochemical features of syn-ore quartz on manifestations of apocarbonate talc of the Bashkir anticlinorium. *Problems of mineralogy, petrography and metallogeny*. Proc. Sci. Readings in Memory of P.N. Chirvinsky, vyp. 19. Perm, PGNIU, 18-23. (In Russ.)
- Granovskaya N.V., Kochergin A.V. (2020) Structural and morphological types and localization conditions of apocarbonate talc raw materials in the Beloretsk region of the West Ural province. *Geol. Rud. Mestorozhd.*, **62**(6), 529-547. (In Russ.)
- Granovskaya N.V., Kochergin A.V., Granovsky A.G., Laronov N.N. (2010) Forecast factors of pigment mineralization on the example of the Zigazino-Komarovsky iron ore region (Southern Urals). *Otech. Geol.*, (6), 12-18. (In Russ.)
- Kholodnov V.V., Shagalov E.S. (2012) Upper and lower age boundaries of the Middle Riphean ore-bearing (Ti-Fe-V) intrusions of the Kusa-Kopan complex in the Southern Urals: U-Pb dating of zircons from the Medvedevskoe deposit. *Dokl. AN*, **446**(4), 432-437. (In Russ.)
- Kobzareva Zh.S., Granovskaya N.V. (2014) Typomorphic features of vein quartz in the search for gold ore objects (on the example of the western slope of the Southern Urals). *Vestn. IG Komi NTs UrO RAN*, (7), 12-16. (In Russ.)
- Kovalev S.G. (2010) New finds of minerals on the western slope of the Southern Urals and their geological consequences. *Geologiya. Izv. Otd. Nauk o Zemle i Prirodnykh Resursov AN RB*, (15), 116-121. (In Russ.)
- Kovalev S.G. (2012a) Noble metal mineralization in Precambrian conglomerates of the western slope of the Southern Urals. *Georesursy*, **8**(50), 28-33. (In Russ.)
- Kovalev S.G. (2012b) Ore content of black shale deposits (using the western slope of the Southern Urals as an example). *Metallogeny of ancient and modern oceans – 2012*. Proc. XVIII Sci. Youth School. Miass, IMin UrO RAN, 19-23. (In Russ.)
- Kovalev S.G. (2013) Noble metal geochemical specialization of volcanogenic-sedimentary complexes of the western slope of the Southern Urals. *Metallogeny of ancient and modern oceans – 2013*. Proc. XIX Sci. Youth School. Miass, IMin UrO RAN, 71-75. (In Russ.)
- Kovalev S.G., Gareev E.Z., Maslov A.V. (2014a) First Data on Precious Metal Specialization of Lower and Middle Riphean Terrigenous Rocks of the Southern Urals. *Izv. Vuzov. Geologiya i Razvedka*, (4), 33-37. (In Russ.)
- Kovalev S.G., Gareev E.Z., Maslov A.V. (2014b) Platinum Group Elements in Burzyanian Terrigenous Deposits of the Bashkir Meganticlinorium. *Virtual and Real Lithological Models*. Proc. 10th Ural Lithological Meeting. Ekaterinburg, IGG UrO RAN, 78-80. (In Russ.)
- Kovalev S.G., Kovalev S.S. (2015) Noble metal resource potential of terrigenous deposits of the Bashkir meganticlinorium. *Vestn. AN RB*, **20**(1), 33-41. (In Russ.)
- Kovalev S.G., Kovalev S.S. (2022) Rare earth mineralization of the western slope of the Southern Urals: species diversity and resource potential. *Geology, mineral resources and problems of geoecology of Bashkortostan, the Urals and adjacent territories*. Proc. XIV Interregional Sci.-Pract. Conf. Moscow, Pero Publ., 84-88. (In Russ.)
- Kovalev S.G., Kovalev S.S. (2023) First data on Th-REE mineralization in igneous rocks of the basic-ultramafic composition of the western slope of the Southern Urals. *Georesursy*, **25**(1), 95-107. (In Russ.)
- Kovalev S.G., Kovalev S.S., Sharipova A.A. (2023) First data on rare earth mineralization in acidic varieties of rocks of the Shatak complex (Southern Urals). *Lithosphere (Russia)*, **23**(5), 910-929. (In Russ.)
- Kovalev S.G., Kovalev S.S., Sharipova A.A. (2024a) Rare earth mineralization in volcanogenic-sedimentary rocks of the Shatak complex (Southern Urals). *Geol. Vestn.*, (1), 13-38. (In Russ.)
- Kovalev S.G., Kovalev S.S., Sharipova A.A. (2024b) Rare earth mineralization in rocks of the western slope of the Southern Urals: species diversity and features of chemical composition. *Geology, mineral resources and problems of geoecology of Bashkortostan, the Urals and adjacent territories*. Proc. XV Interregional Sci.-Pract. Conf. Moscow, Pero Publ., 102-105. (In Russ.)
- Kovalev S.G., Kovalev S.S., Vysotsky S.I. (2017v) Thorium-rare earth mineralization in Precambrian rocks of the Bashkir meganticlinorium: species diversity and genesis. *Zap. RMO*, **146**(5), 59-80. (In Russ.)
- Kovalev S.G., Kovalev S.S., Vysotsky S.I. (2019a) Allanites of the Bashkir meganticlinorium: species diversity and genesis. *Problems of mineralogy, petrography and metallogeny*. Sci. Readings in Memory of P.N. Chirvinsky, vyp. 22. Perm, PGNIU; GI UrO RAN, (22), 58-62. (In Russ.)
- Kovalev S.G., Krinov D.I., Michurin S.V. (2010) The first find of uranium and thorium minerals in black shale rocks of the Southern Urals. *Dokl. AN*, **430**(6), 797-801. (In Russ.)
- Kovalev S.G., Krupenin M.T. (2012) Geochemistry of terrigenous rocks of the Bolshoi Inzer Formation (western slope of the Southern Urals) in connection with ore formation. *Geology, mineral resources and problems of geoecology of Bashkortostan, the Urals and adjacent territories*. Proc. IX Interregional Sci.-Pract. Conf. Ufa, DesignPoligrafPress Publ., 82-84. (In Russ.)
- Kovalev S.G., Maslov A.V., Gareev E.Z. (2016a) Noble metal specialization of terrigenous rocks of the Lower and Middle Riphean of the Southern Urals. *Litol. Polez. Iskop.*, (6), 530-546. (In Russ.)

- Kovalev S.G., Maslov A.V., Kovalev S.S. (2020) Mineralogical and geochemical aspects of the behavior of rare earth elements during metamorphism (on the example of Upper Precambrian structural-material complexes of the Bashkir megaanticlinorium, Southern Urals). *Georesursy*, **22**(2), 56-66. (In Russ.)
- Kovalev S.G., Michurin S.V., Kanipova Z.A., Krupenin M.T. (2016b) Thermocryometry and fluid content of vein quartz from Riphean carbonaceous shales of the Bashkir megaanticlinorium. *Geologiya. Izv. Otd. Nauk o Zemle i Prirodnikh Resursov AN RB*, (22), 28-37. (In Russ.)
- Kovalev S.G., Puchkov V.N., Kovalev S.S., Vysotsky S.I. (2019v) Rare Th-Sc minerals in picrites of the Southern Urals and their genetic significance. *Dokl. AN*, **484**(6), 721-724. (In Russ.)
- Kovalev S.G., Snachev V.I., Romanovskaya M.A. (2017g) Geochemical specialization of terrigenous deposits of the Bashkir meganticlinorium. *Vestn. Mosk. Un-ta. Ser. 4. Geologiya*, (3), 41-49. (In Russ.)
- Kovalev S.G., Vysotsky I.V., Kovalev S.S. (2011) Geochemistry and isotopic characteristics of carbon in black shale strata of the Uluelginsko-Kudashmanovskaya zone (western slope of the Southern Urals). *Geologiya. Izv. Otd. Nauk o Zemle i Prirodnikh Resursov AN RB*, (16), 20-32. (In Russ.)
- Kovalev S.G., Vysotsky I.V., Michurin S.V., Kovalev S.S. (2013a) Geology, mineralogy and metallogenic specialization of carbonaceous strata of the Uluelginsko-Kudashmanovskaya zone (western slope of the Southern Urals). *Lithosphere (Russia)*, (3), 67-88. (In Russ.)
- Kovalev S.G., Vysotsky I.V., Puchkov V.N., Maslov A.V., Gareev E.Z. (2013b) Geochemical specialization of structural-material complexes of the Bashkir meganticlinorium. Ufa, DesignPress Publ., 268 p. (In Russ.)
- Kovalev S.G., Vysotsky S.I., Kovalev S.S., Kotlyarov V.A. (2017a) Sulfide-selenide mineralization in volcanogenic-sedimentary rocks of the Shatak complex (Bashkir mega-anticlinorium). *Vestn. IG Komi NTs UrO RAN*, (7), 21-27. (In Russ.)
- Kovalev S.G., Vysotsky S.I., Puchkov V.N. (2017b) First Finds of Paragenetic Th-REE Mineralization in Precambrian Rocks of the Shatak Complex (Southern Urals). *Dokl. AN*, **476**(5), 547-552. (In Russ.)
- Kovalev S.S., Kovalev S.G. (2017) The first discovery of calcioankylite in terrigenous rocks of the Bashkir meganticlinorium. *Geologiya. Izv. Otd. nauk o Zemle i Prirodnikh Resursov AN RB*, (23), 45-50. (In Russ.)
- Kovalev S.S., Kovalev S.G., Timofeeva E.A. (2017d) New data on the geology, geochemistry and mineralogy of the Suran and Inturat sections (Bashkir megaanticlinorium). *Geological Collection No. 13*. St.Petersburg, Svoe izdatelstvo Publ., 100-118. (In Russ.)
- Kovalev S.S., Sharipova A.A., Kovalev S.G., Michurin S.V. (2016) Mineralogy of black shale deposits Uluelginsko-Kudashmanovsky zone (Bashkir megaanticlinorium). *Vestn. AN RB*, **21**(2), 53-64. (In Russ.)
- Krasnobaev A.A., Kozlov V.I., Puchkov V.N., Busharina S.V., Sergeeva N.D., Paderin I.P. (2013a) Zircon chronology of the Mashak volcanics and the problem of the age of the Lower-Middle Riphean boundary (Southern Urals). *Stratigr. Geol. Korrel.*, **21**(5), 3-20. (In Russ.)
- Krasnobaev A.A., Puchkov V.N., Kozlov V.I., Sergeeva N.D., Busharina S.V., Lepekhina E.N. (2013b) Zirconology of the Navysh volcanics of the Ai Formation and the problem of the age of the lower boundary of the Riphean in the Southern Urals. *Dokl. AN*, **448**(4), 437-442. (In Russ.)
- Krupenin M.T. (2014) Sedimento- and lithogenetic models of magnesian metasomatism in shelf terrigenous-carbonate sequences of the Riphean stratotype. *Virtual and real lithological models*. Proc. 10th Ural Lithological Meeting. Ekaterinburg, IGG UrO RAN, 88-90. (In Russ.)
- Krupenin M.T. (2015) Physicochemical study of magnesian carbonate minerals (deposits of crystalline magnesite). *Minerals: structure, properties, research methods*. Proc. VII All-Russian Youth Sci. Conf. Ekaterinburg, IGG UrO RAN, 67-69. (In Russ.)
- Krupenin M.T. (2016a) Large-scale Mg-Fe metasomatism in terrigenous-carbonate strata of the Riphean of the Southern Urals – sources of matter and staging. *Petrology of igneous and metamorphic complexes*. Proc. All-Russian Petrographic Conf. with International Participation. Tomsk, Tomskii Tsentri Nauchno-Tekhnicheskoi Informatsii, 162-167. (In Russ.)
- Krupenin M.T. (2016b) Typification of magnesian-ferruginous metasomatites in carbonate deposits of the Riphean of the Southern Urals. *Sedimentary complexes of the Urals and adjacent regions and their minerageny*. Proc. XI Ural Lithological Meeting. Ekaterinburg, IGG UrO RAN, 129-132. (In Russ.)
- Krupenin M.T. (2016v) Typical magnesite deposits of the South Ural province: geological conditions, composition and genesis. *Geology, minerals and problems of geoecology of Bashkortostan, the Urals and adjacent territories*. Proc. XI Interregional Sci.-Pract. Conf. Ufa, DesignPress Publ., 137-139. (In Russ.)
- Krupenin M.T. (2017a) Temperature limitations of metasomatism of Bakal siderite deposits based on geochemical data. *Vestn. Perm. Un-ta. Geologiya*, **16**(2), 167-178. (In Russ.)
- Krupenin M.T. (2017b) Physicochemical parameters of carbonate Mg-Fe metasomatism in the typical Riphean section (western slope of the Southern Urals). *Petrology of igneous and metamorphic complexes*. Proc. IX All-Russian Conf. with International Participation. Tomsk, Tomskii Tsentri Nauchno-Tekhnicheskoi Informatsii, 251-255. (In Russ.)
- Krupenin M.T. (2018a) Disappeared evaporites in the type section of the Lower Riphean (signs of former presence, possible dissolution mechanisms). *Sedimentary geology of the Urals and adjacent regions: today and tomorrow*. Proc. 12th Ural Lithological Meeting. Ekaterinburg, IGG UrO RAN, 144-147. (In Russ.)
- Krupenin M.T. (2018b) Collapse breccias as a sign of the former presence of evaporites (Satka Formation of the Lower Riphean, South Urals). *Vestn. Perm. Un-ta. Geologiya*, **17**(4), 342-358. (In Russ.)
- Krupenin M.T. (2022) Crystalline magnesite and siderite in a supra-rift basin: fluid source, stages of Mg-Fe metasomatism. *Petrology of igneous and metamorphic complexes*. Proc. XI All-Russian Petrographic Conf. with International Participation. Tomsk, Milon Publ., 54-62. (In Russ.)
- Krupenin M.T. (2024a) Once again about the classification of industrial-genetic types of magnesite deposits. *Geology, minerals and problems of geoecology of Bashkortostan, the Urals and adjacent territories*. Proc. XV Inter-

- regional Sci.-Pract. Conf. Moscow, Pero Publ., 117-120. (In Russ.)
- Krupenin M.T. (2024b) Magnesian-ferrous carbonate ores in the Riphean deposits of the Bashkir meganticlinorium (sources of matter, stages and mechanisms of formation). *Metallogeny of ancient and modern oceans – 2024*. Proc. XXX Jubilee Youth Sci. School named after Prof. V.V. Zaikov. Miass, YUUFNTSMiG UrO RAN, 28-31. (In Russ.)
- Krupenin M.T., Garayeva A.A. (2011) On the Characteristic of the Fluid Regime of Magnesite Metasomatism at the Satka Deposits (Cryo-Thermometry of Fluid Inclusions in Synore Quartz). *Tr. IGG UrO RAN*, vyp. 158, 152-156. (In Russ.)
- Krupenin M.T., Garayeva A.A. (2014a) Isotope-geochemical verification of the physicochemical model of metasomatic formation of magnesite in dolomites (Satka deposits). *Virtual and real lithological models*. Proc. 10th Ural Lithological Meeting. Ekaterinburg, IGG UrO RAN, 90-92. (In Russ.)
- Krupenin M.T., Garayeva A.A. (2014b) Fluid Regime of Magnesite Metasomatism of the Ismakaevskoye Deposit, South Ural Province (Cryo-Thermometry of Fluid Inclusions). *Tr. IGG UrO RAN*, vyp. 161, 311-315. (In Russ.)
- Krupenin M.T., Garayeva A.A. (2015) Fluid sources for metasomatic magnesites of the Ismakaevskoye deposit of the South Ural province (thermocryometry of fluid inclusions). *Lithosphere (Russia)*, (2), 133-139. (In Russ.)
- Krupenin M.T., Garayeva A.A. (2022) Limitations of the Parameters of the Fluid Regime of Siderite Metasomatism at the Bakal Deposits (Southern Urals) Based on the Study of Fluid Inclusions. *XIX All-Russian Conference on Thermobarogeochemistry dedicated to the Memory of I.T. Bakumenko*. Novosibirsk, NIIGU, 53-54. (In Russ.)
- Krupenin M.T., Gulyaeva T.Ya., Galakhova O.L., Makanov S.V., Hiller V.V., Zamyatin D.A. (2013a) Genetic features of dolomites of the Satka magnesite deposit according to X-ray diffraction and microprobe data. *Tr. IGG UrO RAN*, vyp. 160, 207-212. (In Russ.)
- Krupenin M.T., Gulyaeva T.Ya., Shchapova Yu.V. (2013b) Crystallochemical features of host and secondary dolomites of the Satka magnesite deposits according to X-ray diffraction and EPR data. *Minerals: structure, properties, research methods*. Proc. V All-Russian Youth Sci. Conf., vyp. 5. Ekaterinburg, IGG UB RAS, 98-101. (In Russ.)
- Krupenin M.T., Hiller V.V., Gulyaeva T.Ya., Petrishcheva V.G. (2011b) Authigenic microcline in dolomites of the Satka ore field. *Vestn. Ural. Otd. RMO*, (8), 61-67. (In Russ.)
- Krupenin M.T., Koltsov A.B., Maslov A.V. (2013v) Physicochemical model of formation of the Satka deposits of crystalline magnesite. *Dokl. AN*, 452(4), 438-440. (In Russ.)
- Krupenin M.T., Kovalev S.G. (2013) Geochemical differences of background and metasomatic carbonates of the Satka deposit of crystalline magnesites (South Ural province). *Problems of mineralogy, petrography and metallogeny*. Sci. Readings in Memory of P.N. Chirvinsky, vyp. 16. Perm, PGU, 292-298. (In Russ.)
- Krupenin M.T., Kuznetsov A.B. (2012) Isotope-geochemical features of metasomatism at the Ismakaevskoye deposit of crystalline magnesites. *Geology, mineral resources and problems of geoecology of Bashkortostan, the Urals and adjacent territories*. Proc. IX Interregional Sci.-Pract. Conf. Ufa, DesignPoligrafService Publ., 87-89. (In Russ.)
- Krupenin M.T., Kuznetsov A.B., Chervyakovskaya M.V., Gulyaeva T.Ya., Konstantinova G.V. (2021) Source of ore-bearing fluids and Sm–Nd age of siderites from the largest Bakalskoye deposit, Southern Urals. *Geol. Rud. Mestorozhd.*, 63(4), 336-353. (In Russ.)
- Krupenin M.T., Kuznetsov A.B., Konstantinova G.V. (2012a) Geochemistry of REE and Sr–Nd isotopes of magnesites and host carbonate rocks of the Satka ore field, South Urals. *Tr. IGG UrO RAN*, vyp. 159, 163-168. (In Russ.)
- Krupenin M.T., Kuznetsov A.B., Konstantinova G.V. (2013g) Features of Sr–Nd systematics of magnesites of the Palenikhinskoye deposit (Satka ore field, Southern Urals). *Tr. IGG UrO RAN*, vyp. 160, 249-254. (In Russ.)
- Krupenin M.T., Kuznetsov A.B., Konstantinova G.V. (2014) REE and Sr–Nd systematics of crystalline magnesites and host carbonate rocks of the Ismakaevskoye deposit, Southern Urals. *Problems of mineralogy, petrography and metallogeny*. Sci. Readings in Memory of P.N. Chirvinsky, vyp. 17. Perm, PGNIU, 239-248. (In Russ.)
- Krupenin M.T., Kuznetsov A.B., Konstantinova G.V. (2015) Comparative Sr–Nd systematics of carbonate rocks in typical magnesite deposits of the Lower Riphean of the South Ural province. *Tr. IGG UrO RAN*, vyp. 162, 100-106. (In Russ.)
- Krupenin M.T., Kuznetsov A.B., Konstantinova G.V. (2016a) Sr–Nd systematics and distribution of REE in typical magnesite deposits of the Lower Riphean of the South Ural province. *Lithosphere (Russia)*, (5), 58-80. (In Russ.)
- Krupenin M.T., Kuznetsov A.B., Krylov D.P., Maslov A.V. (2011a) Stable carbon and oxygen isotopes as indicators of magnesian metasomatism in the Lower Riphean sediments of the Southern Urals. *Dokl. AN*, 439(5), 660-664. (In Russ.)
- Krupenin M.T., Michurin S.V. (2011) Isotope-geochemical characteristics of sulfides from magnesite deposits of the South Ural province. *Geologiya. Izv. Otd. Nauk o Zemle i Prirodnykh Resursov AN RB*, (16), 64-80. (In Russ.)
- Krupenin M.T., Michurin S.V. (2018) Indicator isotope-geochemical characteristics of sulfides from the Satka magnesite deposit (South Ural province). *Dokl. AN*, 478(3), 328-331. (In Russ.)
- Krupenin M.T., Michurin S.V., Cherednichenko N.V., Adamovich N.N. (2013d) Trace elements in pyrites of the Satka ore field. *Tr. IGG UrO RAN*, vyp. 160, 213-223. (In Russ.)
- Krupenin M.T., Michurin S.V., Gulyaeva T.Ya., Leonova L.V. (2020) Authigenic potassium feldspar in carbonate sediments of the Early and Middle Riphean – possible sources. *From substance analysis to basin analysis*. Proc. 13th Ural Lithological Meeting. Ekaterinburg, IGG UrO RAN, 103-105. (In Russ.)
- Krupenin M.T., Michurin S.V., Sharipova A.A., Garayeva A.A., Zamyatin D.A., Gulyaeva T.Ya. (2019) Conditions for the formation of Fe–Mg metasomatic carbonates in the Lower Riphean terrigenous-carbonate deposits of the Southern Urals. *Litol. Polez. Iskop.*, (3), 262-277. (In Russ.)
- Krupenin M.T., Michurin S.V., Sharipova A.A., Garayeva A.A., Zamyatin D.A., Gulyaeva T.Ya., Petrishche-

- va V.G. (2017) Low-temperature Mg-Fe metasomatism in carbonate rocks (using the example of the Bogryashka occurrence, Avzyansky ore district of Bashkortostan). *Tr. IGG UrO RAN*, vyp. 164, 125-131. (In Russ.)
- Krupenin M.T., Michurin S.V., Sharipova A.A., Gulyaeva T.Ya., Petrishcheva V.G. (2016b) Mineralogical and geochemical features of magnesian-ferruginous carbonates of the Avzyansky ore district of the Southern Urals in connection with the patterns of metasomatism. *Vestn. Ural. Otd. RMO*, (13), 73-88. (In Russ.)
- Krupenin M.T., Prokhaska V., Ronkin Yu.L. (2012b) The nature of fluorine and ore-forming solutions of the Suran fluorite deposit (Bashkir mega-anticlinorium) based on the study of lanthanides, fluid inclusions and Sr-Nd systematics. *Lithosphere (Russia)*, (5), 126-144. (In Russ.)
- Larionov N.N. (2016) Ore content of the Avzyan terrigenous-carbonate formation. *Geology, mineral resources and problems of geocology of Bashkortostan, the Urals and adjacent territories*. Proc. XI Interregional Sci.-Pract. Conf. Ufa, DesignPress Publ., 140-142. (In Russ.)
- Michurin S.V. (2011) On the relationship of thorium and gold in the Riphean deposits of the Bashkir anticlinorium. *Geol. Sb. No. 9*. Ufa, DesignPoligrafService Publ., 208-215. (In Russ.)
- Michurin S.V., Kazbulatova G.M., Samigullin A.A., Sharipova A.A. (2023) Geochemical features of the Biryán subformation of the Zilmerdak Formation of the Upper Riphean in connection with ore genesis issues (Zilmerdak Range, Southern Urals). *Geol. Vestn.*, (3), 13-25. (In Russ.)
- Michurin S.V., Kazbulatova G.M., Sultanova A.G. (2024) On the formation temperatures of sellaite and fluorite in the Suran deposit (Southern Urals). *Geol. Vestn.*, (1), 64-75. (In Russ.)
- Michurin S.V., Sharipova A.A. (2022) The first finds of cuprous gold in the Riphean deposits of the Bashkir meganticlinorium (Southern Urals). *Vestn. VGU. Ser. Geologiya*, (3), 52-65. (In Russ.)
- Michurin S.V., Sharipova A.A. (2024) Cuprous gold in the Riphean deposits of the Bashkir meganticlinorium. *Geology, mineral resources and problems of geocology of Bashkortostan, the Urals and adjacent territories*. Proc. XV Interregional Sci.-Pract. Conf. Moscow, Pero Publ., 137-140. (In Russ.)
- Michurin S.V., Sharipova A.A., Krupenin M.T., Zamyatin D.A., Musina A.M., Popov V.A. (2018) Sulfide mineralization, native gold and its geochemical relationships in Riphean deposits of the Avzyan ore district (Southern Urals). *Lithosphere (Russia)*, **18**(1), 61-81. (In Russ.)
- Michurin S.V., Sharipova A.A., Musina A.M. (2017) Correlation of gold in Riphean sediments of the Bashkir meganticlinorium. *Geol. Sb. No. 13*. St.Petersburg, Svoe izdatelstvo Publ., 85-95. (In Russ.)
- Ovchinnikova G.V., Kuznetsov A.B., Krupenin M.T., Gorokhov I.M., Kaurova O.K., Maslov A.V., Gorokhovskiy B.M. (2014) U-Pb systematics of Proterozoic magnesites of the Satka deposit in the Southern Urals: fluid source and age. *Dokl. AN*, **456**(2), 219-222. (In Russ.)
- Ovchinnikova G.V., Kuznetsov A.B., Krupenin M.T., Vasilyeva I.M., Kaurova O.K. (2018) Pb-Pb age of Riphean magnesites of the Bakal ore field. *Dokl. AN*, **481**(5), 529-533. (In Russ.)
- Prochaska W., Krupenin M. (2013) Formation of magnesite and siderite deposits in the Southern Urals – evidence of inclusion fluid chemistry. *Mineral. Petrol.*, **107**, 53-65.
- Puchkov V.N. (2010) Geology of the Urals and Cis-Urals (actual problems of stratigraphy, tectonics, geodynamics and metallogeny). Ufa, DesignPoligraphService Publ., 280 p. (In Russ.)
- Samigullin A.A., Michurin S.V. (2024) First data on supergene mineralization of black shales of the Zigaza-Komarovo Formation of the Kagarmanovo section (Southern Urals). *Geol. Vestn.*, (2), 117-129. (In Russ.)
- Savel'ev D.E., Musabirov I.I., Davletshin A.R. (2017) On the mineralogy of carbonaceous deposits of the Zigaza-Komarovo Formation on Mount Yalngas (Southern Urals). *Geol. Sb. No. 13*. St.Petersburg, Svoe izdatelstvo Publ., 130-139. (In Russ.)
- Sazonov V.N., Koroteev V.A., Ogorodnikov V.N., Polenov Yu.A., Velikanov A.Ya. (2011) Gold in the "black shales" of the Urals. *Lithosphere (Russia)*, (4), 70-92. (In Russ.)
- Semikhatov M.A., Kuznetsov A.B., Chumakov N.M. (2015) Isotopic age of the boundaries of common stratigraphic units of the Upper Proterozoic (Riphean and Vendian) of Russia: evolution of views and modern assessment. *Stratigr. Geol. Korrel.*, **23**(6), 16-27. (In Russ.)
- Sharipova A.A., Michurin S.V. (2015) Isotope-geochemical characteristics of gold ore occurrences in Precambrian deposits of the Bashkir mega-anticlinorium. *Baikal youth scientific conference on geology and geophysics*. Proc. III All-Russian Youth Sci. Conf. Ulan-Ude, GI BNTs SO RAN, 249-252. (In Russ.)
- Sharipova A.A., Michurin S.V. (2016) Isotope and geochemical features of ore mineralization at gold ore occurrences in the Riphean deposits of the Bashkir meganticlinorium. *Geology, mineral resources and problems of geocology of Bashkortostan, the Urals and adjacent territories*. Proc. XI Interregional Sci.-Pract. Conf. Ufa, DesignPress Publ., 113-116. (In Russ.)
- Sharipova A.A., Michurin S.V., Nikonov V.N., Kalistratova E.O., Gorozhanin V.M. (2018) Geochemical features and distribution of REE in gabbro-dolerites of the Avzyan ore region (Southern Urals). *Geology, geocology and resource potential of the Urals and adjacent territories*. Proc. of the VI All-Russian Youth Geological Conf. St.Petersburg, Svoe izdatelstvo Publ., 144-148. (In Russ.)
- Sharipova A.A., Michurin S.V., Nikonov V.N., Kalistratova E.O., Gorozhanin V.M., Zakharova A.G. (2019) REE distribution, petro- and geochemical features of gabbro-dolerites of the Avzyan ore district (Southern Urals). *Geol. Vestn.*, (1), 91-100. (In Russ.)
- Sharipova A.A., Michurin S.V., Popov V.A., Kanipova Z.A. (2011) Vein carbonate minerals of gold ore occurrences in the Lower Riphean sediments of the Bashkir anticlinorium. *Geol. Sb. No. 9*. Ufa, DesignPoligraphService Publ., 220-227. (In Russ.)
- Sharipova A.A., Michurin S.V., Velivetskaya T.A., Ignatiev A.V. (2017) Gold-bearing pyrite in the Riphean deposits of the Bashkir meganticlinorium (on the example of the Bogryashka ore occurrence). *Vestn. AN RB*, **22**(1), 83-93. (In Russ.)
- Snachev A.V. (2012) Palladium-gold-rare metal geochemical association in carbonaceous shales of the Zigaza-Komarovo Formation of the Beloretsk metamorphic complex (Southern Urals). *Geology and mineral resources*

- of the Western Urals. Proc. All-Russian Sci.-Pract. Conf. with International Participation, vyp. 12. Perm, PGNIU, 52-55. (In Russ.)
- Snachev A.V. (2015a) Use of thermal analysis of carbonaceous shales in predicting gold mineralization (using the Beloretsk metamorphic dome as an example). *Vestn. AN RB*, **20**(3), 28-35. (In Russ.)
- Snachev A.V. (2015b) Forecast gold resources in carbonaceous sediments of the Zigaza-Komarovo Formation of the Beloretsk metamorphic complex (Southern Urals). *Metallogeny of ancient and modern oceans – 2015*. Proc. Sci. Youth School. Miass, SUFCMiGE UrO RAN, 138-142. (In Russ.)
- Snachev A.V., Puchkov V.N. (2010) First finds of palladium-gold-rare metal mineralization in Precambrian carbonaceous shales of the western slope of the Southern Urals. *Dokl. AN*, **433**(1), 77-80. (In Russ.)
- Snachev A.V., Rykus M.V., Snachev M.V., Romanovskaya M.A. (2013) Model of gold formation in carbonaceous shales of the Southern Urals. *Vestn. Mosk. Un-ta. Ser. 4. Geologiya*, (2), 49-57. (In Russ.)
- Snachev A.V., Saveliev D.E., Snachev V.I. (2010) Palladium-gold-rare metal geochemical association in carbonaceous shales of the Zigaza-Komarovo Formation, South Urals. *Rudy i Metally*, (4), 14-19. (In Russ.)
- Snachev A.V., Snachev V.I. (2017) Prospects of carbonaceous deposits of the Southern Urals for tungsten and molybdenum. *Vestn. AN RB*, **22**(1), 72-82. (In Russ.)
- Snachev A.V., Snachev V.I., Ardislamov F.R. (2015) Forecast gold resources in carbonaceous sediments of the Zigaza-Komarovo Formation of the Beloretsk metamorphic complex (Southern Urals). *Georesourcy*, (4-1), 99-104. (In Russ.)
- Snachev V.I. (2016) Comparative characteristics of the metallogeny of the East Ural and Bashkir uplifts (Southern Urals). *Problems of mineralogy, petrography and metallogeny*. Proc. Sci. Readings in Memory of P.N. Chirvinsky, vyp. 19. Perm, PGNIU, 262-269. (In Russ.)
- Snachev V.I., Snachev A.V. (2014) Regularities in the placement of gold ore occurrences in carbonaceous sediments of the Beloretsk metamorphic complex (Southern Urals). *Vestn. VGU. Ser. Geologiya*, (2), 79-87. (In Russ.)
- Sultanova A.G., Michurin S.V., Sharipova A.A. (2019) Features of the mineralogical composition of sandstones of the Bolshoi Inzer Formation of the Lower Riphean (Southern Urals) in connection with ore formation. *Vestn. VGU. Ser. Geologiya*, (3), 16-22. (In Russ.)
- Vysotsky S.I., Kovalev S.G. (2016) On the gold potential of the Kuz-elga subformation of the Mashak Formation (western slope of the Southern Urals). *Geology, mineral resources and problems of geoecology of Bashkortostan, the Urals and adjacent territories*. Proc. XI Interregional Sci.-Pract. Conf. Ufa, DesignPress Publ., 123-125. (In Russ.)
- Vysotsky S.I., Kovalev S.G. (2018) Thorium-rare earth mineralization in rocks of the Shatak complex (Bashkir megaanticlinorium). *Problems of mineralogy, petrography and metallogeny*. Proc. Sci. Readings in Memory of P.N. Chirvinsky, vyp. 21. Perm, PGU, 10-17. (In Russ.)
- Zakharova A.G., Michurin S.V., Sharipova A.A. (2018a) Mineralogical and geochemical features of the deposits of the Berdagulovo subformation of the Suran Formation of the Lower Riphean based on the results of placer sampling (Southern Urals). *Geology, mineral resources and problems of geoecology of Bashkortostan, the Urals and adjacent territories*. Proc. XII Interregional Sci.-Pract. Conf. St.Petersburg, Svoe izdatelstvo Publ., 227-237. (In Russ.)
- Zakharova A.G., Michurin S.V., Sharipova A.A. (2018b) Mineralogical and geochemical features of deposits of the Bolshoi Inzer and Suran formations of the Lower Riphean based on the results of placer sampling (Southern Urals). *Geology, geoecology and resource potential of the Urals and adjacent territories*. Proc. VI All-Russian Youth Geological Conf. St.Petersburg, Svoe izdatelstvo Publ., 88-92. (In Russ.)
- Zakharova A.G., Michurin S.V., Sharipova A.A. (2018v) Mineralogical composition and geochemical features of alluvial deposits of the Lower Riphean Bolshoi Inzer and Suran formations (Southern Urals). *Vestn. AN RB*, **29**(4), 52-62. (In Russ.)
- Zakharova A.G., Michurin S.V., Sharipova A.A. (2019) Mineralogical features of the Lower Riphean Bolshoi Inzer Formation (Southern Urals) based on the results of placer sampling. *Problems of mineralogy, petrography and metallogeny*. Sci. Readings in Memory of P.N. Chirvinsky, vyp. 22. Perm, PGNIU; GI UrO RAN, 37-44. (In Russ.)