

УДК 552.11/16/24

DOI: 10.24930/2500-302X-2026-26-1-52-80

Ретроспектива (2010–2024 гг.) исследований по геологии рифея Южного Урала. Статья 2. Публикации по U-Pb изотопному датированию обломочного и магматогенного циркона, магматизму и метаморфизму, тектонике и геодинамике

А. В. Маслов

Институт геологии и геохимии им. академика А.Н. Заварицкого УрО РАН, 620110, г. Екатеринбург,
ул. Академика Вонсовского, 15
Геологический институт РАН, 119017, г. Москва, Пыжевский пер., 7, стр. 1, e-mail: amas2004@mail.ru
Поступила в редакцию 14.01.2025 г., принята к печати 04.03.2025 г.

Объектами исследования выступают опубликованные в 2010 – октябре 2024 г. и размещенные в Научной электронной библиотеке на платформе eLibrary.ru разнообразные статьи и заметки, посвященные результатам исследования циркона магматических комплексов и циркона обломочного, тектоники и геодинамики, магматизма и метаморфизма одной из крупнейших структур западного склона Южного Урала – Башкирского мегантиклинория, являющегося стратотипической местностью рифея. *Материал и метод.* Выполнен анализ полученных в результате многолетних работ большой группы авторов новых фактов, представлений и идей о возрасте и особенностях эволюции магматических комплексов, основанных на прецизионных датировках магматогенного циркона. Рассмотрены впервые многогранно освещенные именно на примере песчаников типовой для рифея местности, новые представления о возрасте, составе и эволюции источников обломочного материала, полученные при исследовании U-Pb изотопного возраста обломочного циркона. Проанализированы современные достижения в исследовании геодинамики формирования магматических и осадочных ассоциаций рифея территории Башкирского мегантиклинория, а также представлены современные публикации по магматизму, метаморфизму и процессам рудогенеза. *Результаты.* Знакомство с исследованиями по указанным аспектам геологии рифея Башкирского мегантиклинория показало, что за последние годы опубликовано много работ, часть которых посвящена конкретным вопросам и фактам, а часть можно оценивать как открывающие новые страницы исследований. Именно они будут определять работы подобного плана на ближайшие годы. *Выводы.* Критический анализ всех рассмотренных в обзоре публикаций позволил получить наглядное представление об актуальных результатах исследований по “цирконологии”, геодинамике и тектонике, магматизму и процессам метаморфизма в области распространения рифея на западном склоне Южного Урала. По многим параметрам эти исследования находятся на современном уровне такого рода работ в мире, есть направления, требующие поддержки и заботы, возможно, появятся и прорывные направления.

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

Источник финансирования

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

A retrospective (2010–2024) review of research on the Riphean geology of the Southern Urals. Article 2. Publications on U-Pb isotope dating of detrital and magmatic zircon, magmatism and metamorphism, tectonics and geodynamics

Andrey V. Maslov

A.N. Zavaritsky Institute of Geology and Geochemistry, UB RAS, 15 Academician Vonsovsky st., Ekaterinburg 620110, Russia,
Geological Institute, RAS, 7/1 Pyzhevsky lane, Moscow 119017, Russia, e-mail: amas2004@mail.ru

Received 14.01.2025, accepted 04.03.2025

Для цитирования: Маслов А.В. (2026) Ретроспектива (2010–2024 гг.) исследований по геологии рифея Южного Урала. Статья 2. Публикации по U-Pb изотопному датированию обломочного и магматогенного циркона, магматизму и метаморфизму, тектонике и геодинамике. *Литосфера*, 26(1), 52–80. <https://doi.org/10.24930/2500-302X-2026-26-1-52-80>. EDN: JNFJFY

For citation: Maslov A.V. (2026) A retrospective (2010–2024) review of research on the Riphean geology of the Southern Urals. Article 2. Publications on U-Pb isotope dating of detrital and magmatic zircon, magmatism and metamorphism, tectonics and geodynamics. *Lithosphere (Russia)*, 26(1), 52–80. (In Russ.) <https://doi.org/10.24930/2500-302X-2026-26-1-52-80>. EDN: JNFJFY

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, presenting the results of studying zircon from igneous complexes and detrital zircon, tectonics and geodynamics, magmatism and metamorphism of the Bashkir meganticlinorium. This is one of the largest structures on the western slope of the Southern Urals, which is a stratotype locality of the Riphean. **Materials and methods.** New findings, concepts, and ideas on the age and features of the evolution of igneous complexes based on precision dating of magmatogenic zircon obtained by a large group of authors over long-term work were reviewed. New ideas on the age, composition, and evolution of detrital material sources, presented for the first time in a multifaceted manner using sandstones of a typical locality for the Riphean, are considered. The article discusses modern achievements in the study of the geodynamics of magmatic and sedimentary associations of the Riphean in the Bashkir meganticlinorium, presenting modern publications on magmatism, metamorphism, and ore genesis processes. **Results.** The conducted review of the current knowledge in the field of the Riphean geology of the Bashkir meganticlinorium showed that, in recent years, many works have appeared, some of which address specific issues and facts, while some can be considered as those opening new pages of research. These works will determine the direction of research in this field in the coming years. **Conclusions.** The critical analysis of the publications considered in this review made it possible to obtain a visual representation of the modern data on “zirconology”, geodynamics and tectonics, magmatism and metamorphic processes in the Riphean stratotype area on the western slope of the Southern Urals. In many respects, these studies are at the current level of similar works in the world. Among them, there are areas that require support and care, and there are those where breakthrough achievements can be expected.

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 one way or another. Illustration for the article was prepared by N.S. Glushkova.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящем обзоре рассмотрены результаты исследований по нескольким направлениям¹: 1) U-Pb изотопному датированию обломочного и магматогенного циркона; 2) магматизму и метаморфизму; 3) тектонике и геодинамике.

Авторами объяснительной записки к Госгеолкарте масштаба 1:1 000 000 (Князев и др., 2013) исходя из характера складчатости и интенсивности метаморфизма в пределах мегантиклинория выделен ряд тектонических зон – Алатауская, Каратауская (Каратауский структурный комплекс), Тараташско-Юрматауская и Ямантауская. Внутреннее строение зон характеризуется линейно вытянутыми антиклинальными и синклинальными складками II и III порядков. На территории мегантиклинория распространены разрывные нарушения северного и северо-восточного направлений (Алатауский, Зильмердакский, Ташлинский, Юрматинский разлом и др.). В монографии (Стратотип..., 1983)

описаны несколько иные крупные структурные формы Башкирского мегантиклинория – Ямантауский, Юрматауский, Тараташский и Алатауский антиклинории, Инзерский синклинорий, Каратауский структурный комплекс и Сулеймановская антиклиналь. К.С. Иванов и В.Н. Пучков (2022) предложили еще один вариант тектонического районирования Башкирского мегантиклинория. Более подробно он охарактеризован далее.

По представлениям авторов той же работы (Князев и др., 2013), досреднекембрийские плутонические образования (именно так написано в авторском тексте и именно к ним отнесен тараташский комплекс) в пределах Башкирского мегантиклинория объединяют ряд магматических комплексов (рис. 1) – тараташский, бердяушский, ахмеровский, кусинско-копанский, повальненский, инзерский и др. Тараташский комплекс представлен гнейсогранодиоритами, гнейсодиоритами, гнейсогранитами и гиперстеновыми габбро-диоритогнейсами. Бердяушский комплекс включает монцодиориты, сиениты и граниты рапакиви. Ахмеровский комплекс сложен биотитовыми гранитами. Кусинско-копанский комплекс представлен

¹ Внутри каждого раздела публикации размещены в хронологическом порядке.

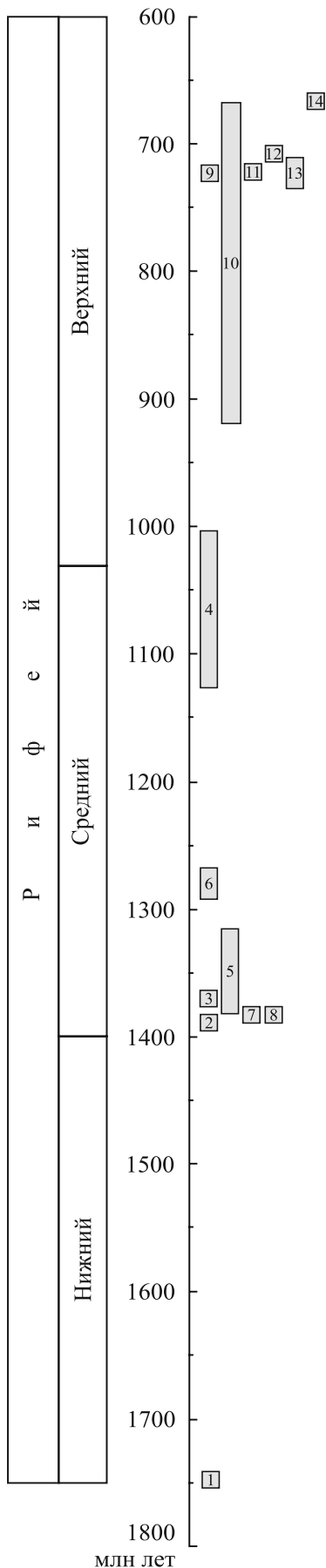


Рис. 1. Возраст ряда магматических комплексов рифея, известных в пределах Башкирского мегантиклинория (Холоднов, Шагалов, 2012а; Ковалев и др., 2013).

Возраст нижних границ нижнего и среднего рифея показан с учетом данных и представлений (Краснобаев и др., 2013а, б; Семихатов и др., 2015). Датированные изотопными методами магматические комплексы: 1 – навышский трахибазальтовый; 2 – бердяушский гранитов рапакиви; 3 – кусинско-копанский расслоенный; 4 – повальненский габбродолеритовый; 5 – кургаский габбродолеритовый; 6 – ишлинский пикритовый; 7 – шатакский пикрит-риолитбазальтовый; 8 – ахмеровский гранитный; 9 – мисаелгинский долерит-пикритовый; 10 – инзерский габбродолеритовый; 11 – барангуловский габбро-гранитный; 12 – мазаринский габбро-гранитный; 13 – игонинский метабазальтовый; 14 – лысогорский пикродолеритовый.

Fig. 1. Age of a number of Riphean igneous complexes known within the Bashkir megantyclinorium, according to data from (Kholodnov, Shagalov, 2012a; Kovalev et al., 2013).

The age of the lower boundaries of the Lower and Middle Riphean is shown in accordance with the ideas of (Krasnobaev et al., 2013a, b; Semikhatov et al., 2015). Igneous complexes dated by isotope methods: 1 – Navysh trachybasalt; 2 – Berdaush rapakivi granite; 3 – Kusa-Kopan layered; 4 – Povalnensky gabbrodolerite; 5 – Kurgas gabbro-dolerite; 6 – Ishlya picritic; 7 – Shatak picrite-rhyolite-basalt; 8 – Akhmerovo granite; 9 – Misaelga dolerite-picritic; 10 – Inzer gabbrodolerite; 11 – Barangulovo gabbro-granite; 12 – Mazara gabbro-granite; 13 – Igonin metabasalt; 14 – Lysogorsky picrodolerite.

расслоенными телами клинопироксенит-норит-габбродиоритового состава, габброноритами, габбро, редко горнблендитами, анортозитами, дайками и силлами габбродолеритов. Повальненский комплекс объединяет дайки и тела габбродолеритов. Инзерский комплекс сложен габбродолеритами, долеритами и габбро-порфиритами. Кургаский комплекс представлен силлами и дайками габбро, габбродолеритов и диабазов. Рябиновский комплекс сложен микропегматитовыми гранитами. Миселинско-авашлинский комплекс включает дайки сиенитов и щелочные габброиды. Кривошукско-мисаелгинский комплекс объединяет дайки и силлы габбродолеритов, габбро, долеритов, пикрит-пикродолеритов и пикритов. В монографии (Ковалев и др., 2013) кроме названных комплексов можно найти обстоятельную характеристику навышского трахибазальтового, юшинского габбродолеритового, шуйдинского пикродолеритового, лапыштинского долерит-пикритового, ишлинского пикритового, шатакского пикрит-риолитбазальтового, игонинского базальт-андезитоацитового, барангуловского и мазаринского габбро-гранитных и кирябинского перидотит-пироксенит-габбрового комплексов.

По данным А.А. Алексева с соавторами (2009), в породах западного склона Южного Урала можно видеть все известные генетические типы метаморфических изменений – региональный динамотермальный и контактовый метаморфизм, гидротермальный метасоматоз, автометаморфизм и динамический метаморфизм, но наибольшее развитие и решающее значение имеет региональный метаморфизм. Выделяются следующие его виды: ареальный метаморфизм погружения, ареальный метаморфизм в условиях гранулитовой и амфиболитовой фаций, зональный метаморфизм от умеренных до высоких давлений и зонально-поясовый метаморфизм высоких давлений. Метаморфизм погружения наиболее характерен для рифейско-вендских отложений запада Башкирского мегантиклинория. В породах, испытавших преобразования этого типа, выделяются зоны раннего и позднего катагенеза, а также метагенеза (Анфимов, 1997; и др.), хотя последний по структурно-

минералогическим преобразованиям отвечает, по мнению авторов, низкотемпературному метаморфизму. Магматические породы в зоне позднего катагенеза преобразованы в условиях пренит-пумпелиитовой и хлорит-эпидотовой, а в зоне метагенеза – эпидот-актинолитовой субфации зеленокаменной фации с сохранением структурно-текстурных особенностей исходных пород и полным или частичным замещением первичных минералов. Ареальный региональный метаморфизм гранулитовой фации проявлен в тараташском метаморфическом комплексе. Ареальный метаморфизм амфиболитовой фации испытали субстрат александровского и, предположительно, уфалейского метаморфического комплексов. Зональный региональный метаморфизм в условиях от умеренных до высоких давлений широко проявлен в восточной части Башкирского мегантиклинория. Известный здесь белорецкий метаморфический комплекс принадлежит, по мнению А.А. Алексеева (Алексеев и др., 2009), к эклогитовым комплексам без глаукофана. Субстрат его имеет рифейский возраст, а сам комплекс сформировался в позднем венде в условиях высокобарического регионального метаморфизма.

РЕЗУЛЬТАТЫ U-Pb ИЗОТОПНОГО ДАТИРОВАНИЯ ОБЛОМОЧНОГО И МАГМАТОГЕННОГО ЦИРКОНА

Авторами работы (Краснобаев и др., 2011а) Бердяшский плутон рассматривается как результат длительных (почти в течение 1 млрд лет) эпизодически проявленных процессов мантийного и корового магмообразования. Каждая из слагающих его пород (габбро, граниты рапакиви и нефелиновые сиениты) связана с самостоятельным источником магмы, а их совмещение в одном массиве – результат случайного стечения обстоятельств. Граниты рапакиви и нефелиновые сиениты практически не имеют каких-либо “родственных связей”. В то же время авторы признают, что появление коровых гранитов предопределено развитием обогащенного мантийного источника. Все сказанное порождает, по мнению А.А. Краснобаева с соавторами, существенные трудности для достоверной оценки возраста пород Бердяшского плутона. Ранние генерации циркона нефелиновых сиенитов имеют возраст 1332 ± 37 млн лет (Краснобаев и др., 2011б), тогда как породы габбро-гранит-сиенитовой серии сформированы 1354 ± 20 или 1373 ± 21 млн лет назад. Циркон мезопротерозойского возраста рассматривается как результат импульса эндогенной активности, вызвавшего плавление обогащенного щелочами и радиогенными элементами мантийного источника. Активизация тектонических процессов 792 ± 70 млн лет назад привела к локальному плавлению нефелиновых сиенитов и образованию дайковых серий последних.

Изучение циркона вулканитов игонинской свиты аршинской серии позволило показать полихронность аршинского вулканизма и установить два этапа в его эволюции (732.1 ± 1.7 и 707.0 ± 2.3 млн лет назад) (Краснобаев и др., 2012). В то же время авторы указали, что состояние изученности вулканитов не позволяет разграничить более молодые и более древние их разности. Тем не менее все сказанное вместе с рядом других соображений стало основанием для выделения нового стратона – аршиния / завершающего рифея в границах ≈ 760 – 600 млн лет.

В статьях (Холоднов и др., 2012а, б) по результатам исследования циркона из поздней гранит-порфиновой дайки, рассекающей породы и руды Медведевского месторождения, обоснован верхний возрастной предел формирования массивов и месторождений кусинско-копанского комплекса (1353 ± 16 млн лет). Это свидетельствует, что рудносные габброидные, а также гранитоидные интрузии комплекса формировались в течение ≈ 40 – 50 млн лет. В статье (Холоднов, Шагалов, 2012а) показано, что нижняя граница формирования массивов кусинско-копанского комплекса датируется сходящимися возрастными значениями на уровне 1380 – 1390 млн лет. U-Pb возраст циркона (1353 ± 16 млн лет назад) из поздней дайки гранит-порфиров Медведевского месторождения определяет время завершения становления комплекса и связанных с ним разноглубинных рудно-магматических систем. К этому значению близок возраст формирования (1368 млн лет) гранат-хлорит-амфиболовых кайм метасоматических ореолов вокруг крупных рудных залежей Кусинского месторождения, установленный ранее Sm-Nd методом. Таким образом, общая длительность формирования крупных Fe-V-Ti месторождений кусинско-копанского комплекса составляла около 30 – 40 млн лет.

Датирование обломочного циркона из песчаников лемезинской подсвиты зильмердакской свиты показало присутствие в них зерен с возрастными от 3070 ± 27 до 1817 ± 59 млн лет (Романюк и др., 2013б). Доля кристаллов с палеопротерозойскими возрастными составляет 40%, неоархейскими – 53, мезоархейскими – 8%. Источниками материала, слагающего песчаники данного уровня стратотипа, авторы считают кристаллические комплексы фундамента Восточно-Европейской платформы, возраст которых отвечает интервалу 3.7 – 1.7 млрд лет. Изотопно-геохимические особенности обломочного циркона в песчаниках названной подсвиты дают основание думать, что площадь палеоводосбора во время их накопления была небольшой и в бассейн попадали только продукты разрушения пород фундамента востока и юга Волго-Уралии (Романюк и др., 2013а).

Возраст обломочного циркона из песчаников базальных уровней айской свиты, как показано в статье (Кузнецов и др., 2013), соответствует диапазону воз-

растов кристаллических комплексов Волго-Уралии. Ведущая роль в составе популяции кристаллов с возрастными от 2187 ± 32 до 1891 ± 23 млн лет указывает на преобладание среди источников кластики в начале рифея реликтов Волго-Сарматского орогена (удаленные источники), а также пород тараташского комплекса (местные источники). Авторы особо отметили, что спектры распределения возрастов обломочного циркона из песчаников основания рифея и ашинской серии венда различны.

Выполненное авторами работы (Краснобаев и др., 2013б) датирование хорошо сохранившихся кристаллов циркона (14 шт., включая и преобразованные) из вулканитов навышской подсвиты айской свиты позволило получить дискордию с параметрами $T1 = 1752 \pm 18$ млн лет (собственно возраст вулканитов) и $t = 227 \pm 94$ млн лет (результат “позднеуральских” преобразований). Данные для минимально преобразованных зерен (10 шт.) несколько уточнили величину $T1$ (1752 ± 11 млн лет). Этот возрастной рубеж рассматривается авторами как нижняя граница рифея Южного Урала. С учетом примерного совпадения возраста нижнего рифея и системы Chang-Cheng Китая предложено переместить нижнюю границу мезопротерозоя Международной хроностратиграфической шкалы на уровень ≈ 1800 млн лет.

В публикации (Краснобаев и др., 2013а) проанализирован циркон нескольких проб риолитов и риодацитов, отобранных из нижней части машакской свиты на хребтах Машак и Бол. Шатак, а также в бассейне р. Березяк. Это позволило установить, что вулканизм машакского времени имел место 1383 ± 3 млн лет назад. Кроме того, авторы указали на полигенность циркона, связанную с образованием его как в субвулканических и гипабиссальных обстановках, так и при излияниях на поверхность. С учетом возраста габбро и гранитов рапакиви Бердяушского плутона наиболее вероятный уровень границы нижнего и среднего рифея в стратотипе может быть 1400 млн лет, что совпадает с границей экстазия и калиммия, но отвечает реальному геологическому событию.

Кроме анализа изотопно-геохимических характеристик обломочного циркона из песчаников айской свиты авторы публикации (Романюк и др., 2014) провели сопоставление их с аналогичными данными, полученными для циркона из песчаников лемезинской подсвиты зильмердакской свиты. В результате выявлены как черты сходства (наличие палеопротерозойской и архейской возрастных групп, преобладание среди материнских пород “диоритов” при подчиненной роли “сиенитов”, присутствие многочисленных зерен с модельными возрастными >3 млрд лет), так и различия. К числу последних относится наличие среди циркона айской свиты кластера с Hf-ювенильными характеристиками и U-Pb возрастными, типичными и для циркона

из пород южной части Волго-Сарматского орогена. В лемезинских песчаниках таких зерен нет. Среди популяции зерен с архейским возрастом в них наблюдается кластер, изотопно-геохимические параметры которого совпадают с параметрами кварцевых диоритов Бакалинского блока Волго-Уральской области. Источниками циркона с палеопротерозойскими возрастными для лемезинских песчаников авторы считают метаосадочный южноволжский и метаосадочно-вулканогенный терсинский комплексы юга Волго-Уралии. Песчаники айской свиты сложены продуктами эрозии пород Волго-Уралии, Волго-Сарматского орогена и прилегающих областей.

Трансгрессивный контакт айской свиты и метаморфитов тараташского комплекса описан в работе (Пучков и др., 2014). Авторы указывают, что циркон метабазальтов, залегающих ниже пород айской свиты, принадлежит трем группам. Возраст циркона первой группы 2967–2870 и 2706–2613 млн лет. Циркон второй группы, претерпевший ранний метаморфизм, имеет возраст 2120–2049 млн лет. Существенно измененный циркон третьей группы характеризуется датировкой 689 млн лет. Отмечено, что близкие датировки свойственны и циркону тараташского комплекса, будучи связаны с образованием и преобразованиями гранулитового циркона.

Исследование возрастов и изотопно-геохимических характеристик циркона из песчаников бакальской и зигальгинской свиты выявило сходное распределение возрастов (Романюк и др., 2016). В песчаниках обеих свит циркон образует две группы – палеопротерозойскую (максимум ≈ 2 млрд лет) и архейскую (без максимумов); зерен с датировками 2.2–2.4 млрд лет среди них практически нет. Отдельные зерна обладают параметрами Lu-Hf изотопной системы, предполагающими поступление их в осадок за счет размыва продуктов карбонатного магматизма, имевшего место ≈ 2 млрд лет назад. Распределение точек циркона на диаграмме “возраст – ϵ_{Hf} ” дает основание думать, что источник части кластики – Волго-Сарматский ороген.

Приведенные в работах Ю.Л. Ронкина с соавторами (2016а, б) прецизионные изотопно-геохронологические данные и результаты исследования РЗЭ и Lu-Hf систематики циркона гранитов рапакиви Бердяушского плутона подтвердили вывод о становлении их на одном из этапов распада суперконтинента Nuna (Колумбия).

Сопоставление возрастных максимумов популяций обломочного циркона из песчаников айской и зигальгинской свит на кривых плотности вероятности, выполненное в работе (Кузнецов и др., 2017), позволило предположить, что циркон архейского возраста в песчаниках зигальгинской свиты является результатом перемива пород бурзяния, тогда как протоисточники циркона с палеопротерозойскими возрастными – Волго-Сарматский, Тараташский и другие орогены.

В публикациях (Пучков и др., 2017а, б) приведена датировка (1348.6 ± 3.2 млн лет) циркона риодацитовых порфиров багрушинского комплекса, породы которого распространены в полосе развития саткинской и авзянской свит, и сделан вывод, что вмещающие риодациты отложения не могут быть моложе начала среднего рифея; не исключено также, что они принадлежат бакальской свите. Авторы предложили отнести риодацитовые порфиры, кварцевые песчаники и углеродисто-глинистые сланцы Багрушинских гор и хр. Калган-Салган, а также песчаники гор Бурилка, Макуриха и Меховая и ур. Налимов Мыс к машакской (бакальской?) свите. По их мнению, тектонические блоки с указанными образованиями расположены в поле существенно карбонатных отложений саткинской свиты. Выпленные позднее исследования возрастов обломочного циркона из песчаников Багрушинских гор показали (Романюк и др., 2019в, 2020), что они существенно отличаются от спектра песчаников лемезинской подсвиты, но в той или иной мере похожи на спектры возрастов циркона из зигальгинской, бакальской и айской свит. Исходя из сказанного, авторами сделан вывод, что осадочные толщи указанного района могут отвечать бакальской свите (это наиболее вероятно по общегеологической ситуации) или зигальгинской.

В сиенитах Авашлинской интрузии А.А. Краснобаевым с соавторами (2017) установлены реликты ранних ($1320\text{--}1340$ млн лет) генераций циркона, позволяющие считать, что данный массив отвечает “машакскому магматическому событию”, а вмещающие его осадочные образования имеют ранне-среднерифейский возраст. Описаны также признаки метаморфизма циркона 1097 ± 20 млн лет назад. Указанная датировка имеет, по мнению авторов, важное значение для реконструкции события, с которым связан новый этап развития страторегiona.

Авторы работы (Тевелев и др., 2017) использовали 132 датировки циркона магматических и метаморфических пород Тараташского блока с дискордантностью менее 10% для получения диаграммы плотности вероятности его возраста. Эта диаграмма может быть применена как для сравнения с аналогичными данными по обломочному циркону песчаников айской свиты, так и для сопоставления с плотностью вероятности возраста циркона метаморфических пород Александровского блока. Отмечено, что, так как применение критерия Колмогорова – Смирнова для оценки сходства полимодальных и прерывистых распределений не совсем корректно, необходимы математически более строгие методы сопоставления возрастов обломочного циркона.

В публикациях (Хотылев, 2018; Хотылев и др., 2020) суммированы данные по изотопным датировкам и петролого-геохимическим особенностям кургасского комплекса, породы которого, по мне-

нию авторов, распространены от Кургасской антиклинали на юге до Бакало-Саткинского района на севере. Для дайки, секущей саткинскую свиту, установлен возраст 1318 ± 10 ($^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$), для магматического тела в экзоконтакте Бердяушского плутона – 1349 ± 11 (U-Pb метод) и для рвушей тараташский комплекс дайки андезитов – 1365.6 ± 6.6 млн лет (U-Pb метод). Общую длительность формирования комплекса авторы оценивают примерно в 60 млн лет ($1380\text{--}1318$ млн лет назад). Свойственная породам комплекса геохимическая зональность позволяет думать, что раскрытие Машакской рифтовой структуры шло (в современных координатах) с юга на север.

На основе анализа возрастных популяций циркона в работах (Романюк и др., 2018в, г, 2019б) приведены дополнительные аргументы в пользу предположения, что на ранних стадиях заполнения Навышского грабена (предшественника Камско-Бельского авлакогена) значительного перемешивания кластики не происходило.

Исследование особенностей распределения возрастов обломочного циркона в песчаниках навышской и чудинской подсвит айской свиты показало их схожесть (Романюк и др., 2018а). В обоих стратонах преобладает циркон палеопротерозойского возраста (максимумы на кривой относительной вероятности – 2063 и 2055 млн лет). Материнскими для них породами выступали в одном случае (чудинская подсвита) диориты и граниты при подчиненной роли карбонатитов, а в другом (навышская подсвита) – диориты и карбонатиты. Карбонатиты – источники кластики для чудинских песчаников – имели преимущественно мантийный генезис. В навышское время кроме них в области размыва присутствовали и продукты кристаллизации карбонатитовой магмы, субстратом для которых являлась палеоархейская кора. В публикации (Романюк и др., 2018б) также установлено, что Hf-изотопные характеристики циркона и содержания в нем элементов-примесей различаются. Опираясь на модель формирования айской свиты в Навышском грабене, авторы сделали вывод, что на начальной стадии рифтогенеза (навышское время) в нем накапливались продукты размыва слагающих борта гранитоидов пониженной кремнекислотности. В размыв попал также комплекс пород, содержащий “карбонатитовые” цирконы с возрастом $\approx 2.0, 2.5, 2.85$ и 3.6 млрд лет и участием палеоархейского корового материала в субстрате. На завершающей стадии в область седиментации поступали также продукты эрозии пород, слагавших более обширные территории (гранитоиды с пониженным и нормальным содержанием SiO_2). Оказался вовлечен в размыв и комплекс пород с ювенильным “карбонатитовым” цирконом.

В статье (Маслов и др., 2018) показано, что обломочный циркон песчаников бирьянской подсвиты зильмердакской свиты (образец для датирова-

ния отобран на восточном склоне хр. Зильмердак у автотрассы Уфа – Инзер) характеризуется диапазоном возрастов 3039–964 млн лет. Кристаллы с позднекарельскими и рифейскими возрастами составляют 35 и 60% от общего числа исследованных зерен. Таким образом, во время формирования аркозов на палеоводосборах доминировали породы мезопротерозойского возраста, что существенно отличается от данных для ниже- и вышележащих уровней. Позднее Н.Б. Кузнецов и Т.В. Романюк (2022), основываясь на присутствии в породах бирьянской подсветы текстур *Agumbertia banksi* и сходстве распределения возрастов обломочного циркона с тем, что описано для ашинской серии, посчитали ошибочной принадлежность бирьянской подсветы к каратавию и указали на необходимость пересмотра стратиграфического положения подсветы и отнесение ее к ашинской серии.

Авторы работ (Краснобаев и др., 2018, 2020) рассмотрели проблему частого получения для навьшских вулканитов, имеющих по циркону возраст 1752 ± 11 млн лет, более древних (>2500 млн лет) и более молодых (<500 млн лет) датировок. Отмечено, что ранее циркон с такими датировками считался ксеногенным или вторичным метасоматическим, позднее была высказана гипотеза о полихронности и цирконов, и вулканитов навьшской подсветы. Проведенные авторами исследования позволили сделать вывод, что трахибазальты объединяют и нижнерифейские и палеозойские образования. Циркон в них различается по минералогическим и геохимическим свойствам, т. е. сформирован из различных протоисточников. Вероятные причины сказанного – повторяющиеся плюмовые процессы, а также некоторое влияние на циркон метасоматических процессов и наложение на область развития навьшских вулканитов машакского магматизма.

Авторы публикации (Романюк и др., 2019а) обратили внимание на то, что присутствующие в южном и среднем сегментах Западного Урала магматические комплексы с возрастными 1.40–1.25 млрд лет по изотопно-геохимическим особенностям сопоставимы с продуктами крупных магматических провинций (КМП). Если такая КМП располагалась на месте современного западного склона Среднего и Южного Урала, то полное отсутствие обломочного циркона с указанными возрастными в породах бакальской и зигальгинской свит выглядит, по мнению Т.В. Романюк с соавторами, довольно странно. Вероятно, это может быть следствием того, что западная и восточная части современного Башкирского мегантиклинория в раннем – начале среднего рифея располагались на значительном удалении друг от друга.

Рассматривая вопрос об источниках обломочного циркона в песчаниках рифея, авторы статьи (Краснобаев и др., 2019) отметили, что интерпре-

тации данных часто ограничиваются формальным сопоставлением вещественно-возрастных характеристик кристаллов с любыми удаленными модельными объектами. Если считать, что источниками кластики были местные объекты, то возникает другая ситуация. Отмечено, что анализ изотопных датировок, содержания U и Th и сравнение возрастных спектров первичных цирконов из вулканитов рифея и пород тараташского комплекса (местные источники) с одной стороны и обломочного циркона из песчаников ашинской серии и айской свиты с другой показывают сопоставимость возрастов циркона и местных источников кластики. Сделан вывод, что формирование популяций обломочного циркона в песчаниках определяется процессами переотложения циркона из местных объектов. Влияние удаленных источников авторов не исключается, но их участие неочевидно.

В публикации (Сергеева и др., 2020) проанализировано распределение РЗЭ в цирконе базальтов аршинской серии. Установлено, что зерна с палеозойскими возрастными, как правило, имеют минимальное содержание РЗЭ и Y. Источником их был деплетированный магматический расплав или они испытали метасоматические преобразования. Кристаллы с датировками (756–715 млн лет, аршинское магматическое событие) обладают более высоким содержанием РЗЭ и Y (источник – неистощенный расплав). Ряд характеристик циркона указывает на связь машакского и аршинского вулканизма. Циркон доверхнепротерозойского возраста, вероятно, ксеногенный.

Датирование обломочного циркона из песчаников бакеевской свиты и сопоставление присущих ему особенностей с характеристиками циркона из пород ашинской серии показали высокую степень их сходства (Кузнецов и др., 2021, 2022). Значительное количество кристаллов с мезопротерозойскими возрастными, по представлениям авторов, однозначно доказывает, что в конце венда и в кембрии в располагавшуюся на территории современного Башкирского мегантиклинория область осадконакопления поступали продукты эрозии мезопротерозойских кристаллических комплексов. Поскольку на Восточно-Европейской платформе такие комплексы известны только на удалении более чем 2000 км от Южного Урала, то нет серьезных оснований рассматривать их как основной источник кластики для песчаников ашинской серии. Новые данные о возрасте обломочного циркона в песчаниках толпаровского разреза подтверждают высказанное ранее предположение о появлении в конце венда восточнее Башкирского мегантиклинория “небалтийского” источника. Таким образом, перед формированием ашинской серии имела место существенная палеогеографическая перестройка.

В работе (Зайцева и др., 2022) приведены результаты датирования обломочного циркона из ооли-

товых известняков нижеульской подсвиты. Показано, что источниками примерно половины зерен являлись архейские и раннепротерозойские породы фундамента Восточно-Европейской платформы, тогда как магматические комплексы Башкирского мегантиклинория, возраст которых отвечает интервалу 1.40–1.35 млрд лет, могли поставлять не более 10% зерен. Еще одним поставщиком около половины зерен циркона, по мнению авторов рассматриваемой публикации, выступали породы с возрастными от 1.56 до 1.13 млрд лет. Такие образования известны в Свеко-Норвежском орогене и Фенноскандии. Не исключено, что источником указанной кластики мог быть и некий континентальный блок, причлененный к платформе в ходе гренильской орогении.

ИССЛЕДОВАНИЯ МАГМАТИЗМА И МЕТАМОРФИЗМА²

Изучение оливиновых меланогаббро-норитов и габбро-долеритов центральной части Башкирского мегантиклинория показало участие в их формировании процессов коровой контаминации, фракционной кристаллизации и накопления кумулула (Носова и др., 2010). Геохимические особенности пород дали авторам основание считать, что формирование первичных магм происходило на разных глубинах колонны плавления мантии. При этом породы центральной части мегантиклинория и машакского комплекса формировались при доминирующей роли производных шпинелевых перидотитов, а в северо-восточной части структуры преобладали выплавки из гранатовых перидотитов. Существенное превышение температуры расплавов относительно температуры астеносферы указывает на связь магматизма с подъемом плюма.

Обобщение геологических материалов позволило предположить, что “эндогенное событие” начала среднего рифея носило “сквозной” характер по времени и было широко распространено по площади (Ковалев, 2010). Оно связано с воздействием мантийного плюма и формированием внутриплитной магматической провинции, эффузивные фации которой представлены в наиболее проницаемых зонах (грабенах). Широкое развитие вулканоплутонических комплексов (Бердяушский плутон, Кусинско-Копанский массив и др.) отражает масштаб и сложность петрогенетических процессов.

На основе исследования петрографических и геохимических особенностей кислых и основных магматических пород нижней части машакской свиты высказано предположение, что в шатакском вулканоплутоническом комплексе пространствен-

но совмещены магматические породы различной основности, являющиеся производными единого очага (Ковалев, Пиндюрина, 2010).

Авторы заметки (Бочарникова и др., 2010) при изучении магнетит-ильменитовых руд Кусинской габбровой интрузии обнаружили очень мелкие кристаллы с высоким содержанием Zr, оказавшиеся бадделейтом.

Изотопное датирование Sm-Nd и Rb-Sr методами габбро и магнетит-ильменитовых руд расслоенных интрузий кусинско-копанского комплекса показало единый возраст (1395–1385 млн лет) перечисленных образований (Холоднов и др., 2010). Одновозрастны с ними и Рябиновский и Губенский гранитоидные массивы, являющиеся дифференциатами базальтовой магмы в гипабиссальных и абиссальных условиях.

Л.В. Саоновой с соавторами (2011) на основе детальных исследований пикритов восточной окраины Восточно-Европейской платформы и Башкирского мегантиклинория выявлен ряд минералогических и петрографических критериев различия их разновидностей, возникших при быстром продвижении вверх исходных высокомагниевого расплава, и кумулатов, образованных при кристаллизационной дифференциации базитовых расплавов. Показано, что главным минералогическим критерием различия указанных типов пикритов является оливин, неравновесный составу породы в первом случае и ликвидусный во втором. Установлено также, что ранее считавшиеся палеозойскими пикриты центральной части Башкирского мегантиклинория имеют возраст 1291 ± 67 млн лет (Sm-Nd метод). С учетом данных о возрасте Губенских гранитов (1330 ± 27 млн лет) и долеритов Бакала (1385.3 ± 1.4 млн лет) это предполагает более длительное, чем представлялось ранее, формирование Камско-Бельской магматической провинции.

Исследования состава ильменита и магнетита из амфиболовых габбро и анортозитов Медведского месторождения привели авторов заметки (Холоднов и др., 2011) к выводу, что возрастание содержания рудных минералов в нижних частях макро- и микроритмов указывает на раннюю кумуляцию ильменита и Ti-магнетита в наиболее меланократовых породах отдельных ритмов. Кумуляция Ti-магнетита и ильменита предшествовала окончательной кристаллизации меланократовых пород. Полученные авторами данные подтвердили и направленную кристаллизацию в исследованных ритмах от более высокотемпературных парагенезисов, формирующих ритмично расслоенные породы с густовкрапленным Ti-магнетит-ильменитовым оруденением, к относительно более низкотемпературным анортозитам, отражая эволюцию состава остаточного расплава в сторону накопления в нем более легкоплавких элементов и F.

² В этом разделе частично охарактеризованы и результаты изучения, связанного с магматическими комплексами оруденения.

Геолого-геохимическая характеристика диабаз-пикритового магматизма западного склона Южного Урала проанализирована в работе (Ковалев, 2011). Обоснован вывод, что магмы, сформировавшие дифференцированные тела, являются продуктами кристаллизации мантийного расплава, внедрившегося в верхние горизонты коры на ранних стадиях рифтогенеза. Разнообразие строения интрузивных тел и геохимических характеристик слагающих их пород сформировано при гравитационном фракционировании твердой фазы расплава в различных частях палеорифтовых структур. Эволюция рифейского диабаз-пикритового магматизма отражает процесс стабилизации геодинамического режима и увеличение толщины континентальной коры.

Авторами работы (Бочарникова и др., 2011б) исследован состав галогенов в апатитах ряда южноуральских минеральных копей, связанных с кусинско-копанским комплексом. Выяснено, что состав апатита зависит от расположения копи относительно пород комплекса. Присутствие во всех копиях Mg-Fe боратов позволило сделать вывод, что флюиды, кроме Cl и F, содержали также В, заимствованный, возможно, из доломитов саткинской свиты. Установлено, что в формировании скарнов приняли участие и рудообразующие флюиды, содержавшие Sr. Последний, как известно, присутствует во всех магнетит-ильменитовых рудах Кусинской интрузии.

В заметке (Бочарникова и др., 2011а) описана взаимосвязь состава галогенов в апатитах с составом пород и руд, образующих ритмы расслоенного разреза Медведевского месторождения. Авторы полагают, что повышенные концентрации Cl в апатитах из пегматоидного габбро эндоконтактов обусловлены флюидно-магматическим взаимодействием в том числе с рассолами из карбонатных пород.

P-T условия формирования габброидов Медведевского массива кусинско-копанского комплекса проанализированы в заметке (Шагалов, Холоднов, 2011). Установлено, что генерация расплава происходила при давлении ≈ 8 кбар в относительно “сухих” условиях. Миграция расплава через карбонатные толщи способствовала его обогащению флюидной фазой. На высокую вторичную флюидонасыщенность его указывают и шарообразные обособления пегматоидных габбро в ритмично-стратифицированном разрезе. Становление Медведевского массива имело место при давлении 4–6 кбар и температуре 880–1100°C. На втором этапе произошло внедрение послойных инъекций габбро-норитов. Выделение раннего ильменита и титаномагнетита, по мнению авторов заметки, имело место при температурах 1300–900°C. Граниты Губенского массива характеризуются минеральными ассоциациями предполагающими давления 8–9 кбар.

В публикации (Носова и др., 2012) подробно охарактеризована мезопротерозойская (1.38–1.30 млрд лет) Камско-Бельская магматическая провинция, расположенная на восточной окраине Восточно-Европейской платформы (Волго-Уральская область и Башкирский мегантиклинорий) и сложенная плутоническими, вулканическими и субвулканическими породами бимодального состава. Преобладающие в ее составе базиты принадлежат высоко- и низкотитановым типам. Они обладают зональным распространением и происходят из разных мантийных источников при различных режимах их частичного плавления, существенно различаясь геохимическими и изотопными характеристиками. Исследования авторов показали, что интерпретация зонального пространственно-временного распределения высоко- и низкотитановых базитов в Камско-Бельской КМП возможна на основе модели плюм-литосферного взаимодействия. Оценки давления и температуры свидетельствуют, что высокотитановые расплавы формировались под литосферой с мощностью ≈ 150 км, тогда как низкотитановые – в условиях сильно сокращенной литосферы (≈ 60 ? км).

Геохимическая специализация базит-гипербазитовых комплексов западного склона Южного Урала и ее вариации при дифференциации первичных расплавов в промежуточных камерах свидетельствуют, по мнению авторов публикации (Ковалев, Ковалев, 2012б), о значительном рудогенерирующем потенциале этого типа магматизма. Ее “сидерофильный профиль” может объяснить наличие многочисленных аномальных содержаний Au (с постоянным присутствием Pt) в терригенных породах региона. В пользу сказанного свидетельствуют значительный разброс Ni/Cu, пониженные величины Pd/Ir в базальтоидах, а также смещение тренда “пикриты \rightarrow базальты” по отношению к генеральному тренду парциального плавления, предполагающая удаление из расплавов части рудогенных элементов флюидной фазой. С этим процессом связана и благороднометаллическая геохимическая специализация вмещающих терригенных пород.

Авторы заметки (Холоднов, Шагалов, 2012б) считают, что наиболее перспективными и экономически выгодными для разработки месторождениями являются магнетит-ильменитовые и Ti-магнетитовые месторождения кусинско-копанской группы, прежде всего Медведевское, а также Кусинское, Копанское и Маткальское. Данные по типоморфизму ильменита и Ti-магнетита позволили выявить направленную кристаллизацию в различных макро- и микроритмах. Во всех крупных ритмах с магматической слоистостью в составе апатита вверх по разрезу возрастает содержание F. Авторами сделан вывод об одновременном формировании всех ритмов.

Некоторые геохимические особенности даек гранитоидов Кусинского месторождения рассмотрены в публикации (Бочарникова и др., 2013). Установлено, что они существенно отличаются по флюидному режиму от гранитоидов Рябиновского и Губенского массивов (дайки имеют положительные Eu- и Sr-аномалии, а граниты – отрицательные).

В работах (Тевелев и др., 2014; Хотылев, Тевелев, 2014) приведены некоторые новые данные о строении и составе айского вулканического комплекса. Слагающие его основные и кислые вулканы отнесены к единой внутриплитной (этому, правда, как отмечают авторы, противоречит Nb-минимум) дацит-трахибазальтовой контрастной ассоциации. Возраст циркона субвулканических дацитов составляет 1415 ± 11 млн лет. В более поздней работе (Хотылев, Тевелев, 2017) дациты из состава комплекса, однако, были исключены. Реликты плагиоклаза в бостонитах и сходство распределения редких и рассеянных элементов в них и трахибазальтах указывают на метасоматическую природу бостонитов. Широкий интервал датировок, характерный для пород комплекса, предполагает объединение в нем разновозрастных пород.

В пределах Семибратского месторождения магнезита наряду с палеозойскими гранитоидами широко развиты дайки основного состава. Исследовав их петрогеохимию, авторы публикации (Шардакова, Крупенин, 2014) пришли к выводу, что дайки отвечают рифтогенной стадии. Взаимоотношение с породами рамы предполагает их внедрение в постсреднерифейское время. Поскольку Семибратская площадь расположена на продолжении аршинского комплекса, то дайковый рой в ее пределах, имеющий простирание, отвечающее тектоническим нарушениям позднего рифея, может принадлежать этому же возрастному уровню (≈ 700 млн лет).

Петрогеохимические особенности и формационная принадлежность гранитов Рябиновского массива, локализованных среди пород кувашской свиты (аналог машакской свиты более южных районов мегантиклинория) и ограниченных с запада Зюраткульским разломом, рассмотрены в работе (Бажин, 2014б). По данным автора, это известково-щелочные и щелочные граниты с повышенной железистостью, низкоглиноземистые, пералюминиевые, лейкократовые. Указанные и ряд других особенностей гранитов подтверждают принадлежность их к А-типу.

Работы (Бажин, Сначев, 2014; Сначев, Бажин, 2016) посвящены новым представлениям о строении Бердяшского плутона, полученных авторами совместно со специалистами ОАО “Челябинскгеосъемка” в процессе крупномасштабного (1:25 000) картирования. Отмечено, что граниты рапакиви слагают не более 10–20% его площади. Породы типа выборгита или петерлита слагают только внешнюю прерывистую маломощную кайму массива

шириной 0.5–1.0 км, а основной объем центральной части представлен гетерогенными метасоматическими гибридными породами. Их исходный субстрат – в различной степени перекристаллизованные и гранитизированные породы первично габбрового состава. Установлено также, что между основными фазами пород наблюдаются постепенные метасоматические переходы, как по минеральному составу, так и по структуре, часто с фрагментами метасоматической зональности, при этом встречаются секущие контакты между некоторыми из них, что свидетельствует о многостадийном формировании плутона и нескольких различных условиях состояния пород внутри него. Высказана гипотеза, что появление основной части гибридных сиенодиоритов и контактирующих с ними гранитов рапакиви обусловлена мощным прогревом и метасоматическим преобразованием под воздействием глубинных флюидов, обусловивших в дальнейшем и формирование гранитов рапакиви. Выделен ряд стадий становления плутона интрузивного и метасоматического характера. Формирование габброидов происходило, по-видимому, одновременно с кусинско-копанским комплексом и контролировалось участками пересечения глубинных разломов. В период заложения локальной рифтовой структуры область плутона испытала одностороннее, а возможно, и двустороннее сжатие. Это привело к повышению теплового потока, притоку флюидов, дебазификации габбрового субстрата, образованию гибридных пород и частичной их гранитизации. В процессе сжатия расплавленное вещество отжималось на фланги массива и кристаллизовалось (Сначев, Бажин, 2016).

Строение и петрогеохимические особенности пород Ахмеровского гранитного массива проанализированы в заметке (Бажин, 2014а). Автором подтверждено, что массив сложен диоритами и гранитами нормального ряда. Граниты принадлежат пералюминиевым разновидностям. Распределение РЗЭ в диоритах и гранитах “повторяет распределение микроэлементов в породах континентальной коры”. На диаграммах Пирса точки гранитов образуют компактные поля в области внутриплитных гранитов, тогда как точки диоритов сосредоточены в области вулканических дуг. Полученные автором данные показали комагматичность Ахмеровского массива машакским вулканикам. Граниты массива являются анорогенными и, предположительно, формировались за счет смешанного мантийно-корового источника при широком участии процессов магматической дифференциации. С последними, вероятно, связано появление в его составе диоритов.

Изучение особенностей распределения ЭПГ и Au в пикритовых и пикродолеритовых комплексах показало, что для них характерно хорошо выраженное обогащение Au, Pd, Pt и Rh по отношению

к примитивной мантии (Ковалев, Ковалев, 2014б). Это указывает на значительный рудогенерирующий потенциал данного типа магматизма. Геохимическая специфика пород определяется обогащенностью их Pd и Rh.

На собственно рифтогенном этапе (машакское время) на фоне линейного растяжения и формирования грабенообразных структур имело место образование промежуточных магматических очагов (Машакский, Шатакский, Кусинско-Копанский), продуктами функционирования которых явились мелкие пластообразные интрузии и дайки (Ковалев, Ковалев, 2014а). Основность магм и их геохимические характеристики в существенной степени варьировали. Сопоставимые условия магмогенерации разновременных комплексов определили появление сульфидной минерализации с Co- и Ru-Pd-специализацией, а процессы дифференциации расплавов в промежуточных очагах привели к перераспределению и концентрации благородных металлов при сохранении первичных отношений в пикритах и пикродолеритах.

Заметки (Холоднов и др., 2014; Шагалов и др., 2014) посвящены новым данным о возрасте и условиях формирования комплексного редкометалльного месторождения Сибирка. Редкометалльные метасоматиты развиты в его пределах по трахиандезитобазальтам и сиенитам локальной вулканической структуры и вмещающим породам бакальской и саткинской свит. Среди обломков эруптивной трахиандезитобазальтовой брекчии авторами обнаружены ксенолиты амфибол-биотитового гранита, близкого по химическому составу к гранитам, завершающим становление (1353 ± 16 млн лет) кусинско-копанского комплекса. Датирование циркона из ксенолитов позволило установить возраст 1360–1350 млн лет, отвечающий заключительным этапам среднерифейского гранитного магматизма Башкирского мегантиклинория. Sm-Nd возраст трахибазальтов, трахиандезитов, сиенитов и редкометалльных метасоматитов месторождения Сибирка, по-видимому, находится в диапазоне 1366–1337 млн лет. Трахиандезитобазальты имеют высокие положительные значения ϵ_{Nd} (4.0–4.9), сиениты обладают более низкими, но также положительными величинами ϵ_{Nd} (1.6–2.8). Авторы считают, что формирование вулканитов и сиенитов происходило при смешении материала литосферного и астеносферного источников. Сформировавшись в начале среднего рифея, рассматриваемая вулканическая структура и связанное с ним месторождение неоднократно испытали тектономагматическую активизацию и гидротермально-метасоматические преобразования.

Авторами сообщения (Шагалов, Холоднов, 2014) предложено два механизма образования высоко-Mg существенно амфиболовых пород Медведевского месторождения – либо они являются

результатом первичной кумуляции оливина и пироксена в базальтовом расплаве, едином для всех серий пород Медведевского массива и месторождения, с последующей аутометасоматической переработкой при высокой активности хлоридно-водного флюида, либо формирование их произошло при внедрении поздних высокомагниевого (пикритовых) расплавов с высоким содержанием Sr в еще горячее и пластичное тело Медведевского габбрового массива.

В публикации (Холоднов и др., 2015) на основе петро- и геохимических данных рассмотрены условия формирования Fe-V-Ti оруденения в габбро Медведевского месторождения. Авторами выделены два этапа образования густовкрапленного оруденения и показано, что стадийность рудогенеза на позднемагматическом этапе связана с неравновесностью богатого водой и Cl остаточного флюидизированного расплава по отношению к ранним порообразующим и рудным минералам. Низкое значение $Mg/(Fe + Mg)$ в габброидах позволило предположить, что на современном эрозионном срезе массивы и месторождения кусинско-копанского комплекса сложены не продуктами кристаллизации первичных расплавов, а их обогащенными Fe и Ti дифференциатами. Уточнен геодинамический режим образования рудоносных интрузий и формационная принадлежность кусинско-копанского комплекса – составы пород рудно-магматических серий месторождения сходны с внутриплитными (E-MORB) базальтами.

Следующая работа этого цикла (Холоднов и др., 2016б) посвящена характеристике условий формирования Ti-Fe-V оруденения в габбро Медведевского месторождения. Установлено, что специфика оруденения контролировалась как первичной стадийностью рудообразования на месторождениях кусинско-копанского комплекса, так и неоднократными инъекциями рудоносных магм. Показано, что исходный расплав для рудоносного габбро формировался на большой глубине, возможно в придонной части промежуточной интрузивной камеры. Это вело к концентрированию в составе флюидов Cl и определяло его более высокий окислительный режим. Авторы предложили выделить в качестве самостоятельного третий этап рудогенеза, в процессе которого формировались флюидизированные инъекционно-магматические жилы и пластообразные массивные Ti-магнетитовые или Ti-магнетит-ильменитовые руды.

Обобщение материалов по геохимии магматических пород, распространенных как на западном склоне Южного Урала, так и на востоке Восточно-Европейской платформы, позволило сделать вывод, что их петрогеохимические особенности обусловлены в том числе неоднократно проявленными процессами активизации (Ковалев и др., 2015). Наблюдаемые вариации содержания ЭПГ и Au в по-

родах различных по времени формирования магматических комплексов отражают как их перераспределение при плавлении мантийного субстрата и эволюции расплава в промежуточных очагах, так и влияние вторичных процессов. Рудогенерирующий потенциал интрузивных базитовых и базит-гипербазитовых комплексов оценен С.Г. Ковалевым (2014) как значительный.

По представлениям А.О. Хотылева (2016), результаты анализа геохимических данных позволяют думать, что навыйский вулканический комплекс объединяет разные генерации вулканических и/или субвулканических пород трахибазальт-трахидолеритового состава. На это указывает разная степень обогащения пород U, Th, Zr, Hf, Nb и Ta. В итоге автор, хотя и с рядом оговорок, предложил считать высокотитановые разности пород комплекса с резким минимумом Sr нижнерифейскими. Высокотитановые породы, обедненные U, Th, Zr, Hf и Nb, отнесены им к кургасскому/кусинскому комплексу среднего рифея (1318 ± 10 млн лет), а низкотитановые разности, со спектрами РЗЭ, похожим на E-MORB, рассматриваются условно как позднерифейско-вендские.

Благороднометалльная (ЭПГ и Au) геохимическая специализация магматических пород Башкирского мегантиклинория и прилегающих районов Восточно-Европейской платформы рассмотрена в работах (Ковалев и др., 2016, 2018в). Идентичность спектров распределения ЭПГ и Au в магматических породах свидетельствует, по мнению авторов, о близости процессов образования и общности механизмов формирования их благороднометалльной геохимической специализации. “Родиевая аномалия” пикритов и пикродолеритов обусловлена присутствием ЭПГ и Au в пентландите и имеет первичную природу. Локальные вариации содержания Pt, Pd и Au – результат перераспределения при становлении магматических тел и/или вторичных процессах, а благороднометалльная геохимическая специализация терригенных пород тектонических зон связана с воздействием магматизма, метаморфизмом и локальным метасоматозом.

Состав светлых слюд углеродсодержащих сланцев суранской свиты в Суранском и Интуратовском разрезах позволил установить, что их формирование происходило при температурах от 360 до $\approx 450^\circ\text{C}$ и давлении $\approx 3\text{--}7$ кбар (Ковалев, Ковалев, 2017). Светлые слюды в апомагматических породах машакской свиты Улуелгинско-Кудашмановской зоны образованы при давлении $\approx 2.0\text{--}9.8$ кбар и температуре $390\text{--}450^\circ\text{C}$. Это указывает на связь метаморфизма пород названной зоны с “белорецким метаморфическим событием”.

В публикации (Ковалев и др., 2017а) установлено, что внедрение магматического расплава в осадочные породы суранской свиты сопровождалось

флюидной проработкой и метаморфизмом, перераспределением SiO_2 и CaCO_3 и изменением изотопного состава O и C карбонатов и $\text{C}_{\text{орг}}$. Влияние названных процессов распространялось на значительные расстояния от магматических тел. Изотопный состав $\text{C}_{\text{орг}}$ черных сланцев машакской и зигазино-комаровской свит также трансформированы под влиянием флюидной проработки субстрата, опережавшей интрузивный магматизм, и метаморфогенно-гидротермальной графитизации первично биогенного вещества.

На основе расчетов *P-T* параметров плавления мантийного субстрата в статье (Ковалев и др., 2017б) показано, что в условиях плюмового процесса образуются однотипные породы (пикриты, пикродолериты) различного генезиса. Это либо продукты кристаллизации недифференцированного мантийного расплава в верхних горизонтах коры, либо продукты внутрикамерной дифференциации во внутрикоровых магматических камерах/очагах. Игнорирование сказанного ведет к построению некорректных петрологических моделей.

Минералы, содержащие высокие концентрации Cl и сульфат-аниона (апатит, ангидрит, скаполит и др.), установлены среди пород кусинско-копанского комплекса (Шагалов и др., 2017). Это, а также повышенное содержание V в апатите предполагает высокую фугитивность O при метасоматических преобразованиях ксенолитов вмещающих пород.

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

Изучение мусковита из терригенных и апомагматических пород Улуелгинско-Кудашмановской зоны, а также светлых слюд из кристаллических парасланцев Белорецкого комплекса позволило установить уменьшение *P-T* параметров метаморфизма на восточном крыле Башкирского мегантиклинория с востока на запад (Ковалев и др., 2018).

Пытаясь объяснить феномен присутствия в магматических породах шатакского комплекса значительного количества циркона с возрастными, “противоречащими геологическим материалам”, авторы публикаций (Ковалев и др., 2018б, 2019) обратились к анализу описанного в 1981 г. De Paolo процесса ассимиляции и фракционной кристаллизации. В итоге сделан вывод, что циркон архейско-палеопротерозойского возраста попадал в расплав в результате ассимиляции пород фундамента (например, тараташского комплекса) при фракционировании ликвидусных фаз и накоплении флюидной фазы в прикровельных частях промежуточных магматических камер.

Наличие базальтов и риолитов в кузьелгинской подсвете и базальтов в казавдинской, калпакской и каранской подсветах машакской свиты, различающихся по времени излияния, позволил предполагать существование нескольких этапов магматизма и ряда взаимосвязанных промежуточных очагов, эволюция расплавов в которых определялась, по мнению авторов публикации (Ковалев и др., 2018д), влиянием процессов ассимиляции и фракционной кристаллизации. Присутствующий в базальтах циркон с сохранившимися кристаллографическими формами рассматривается как “магматический”, заимствованный из гранитогнейсового субстрата, так как циркон терригенных пород машакской свиты окатан.

В заметке (Ковалев и др., 2018а) обоснован тезис о том, что магматические породы основного состава, входящие в состав шатакского комплекса, сформировались 1385–1380 млн лет назад, тогда как риолиты того же комплекса – несколько более молодые (1375–1371 млн лет назад). Внедрение их сопровождалось, вероятно, неизохимическим метаморфизмом, так или иначе повлиявшим на сохранность Rb-Sr системы пород комплекса.

На примере Кусинского ильменит-магнетитового месторождения авторы работы (Бочарникова и др., 2018) проиллюстрировали взаимосвязь состава рудообразующих минералов с содержанием Cl во “флюидных” минералах, отражающих состав флюида при формировании рудной зоны на том или ином горизонте интрузии. Сделан вывод, что снижение концентрации Cl во “флюидных” минералах из рудных зон в придонной части интрузии могло быть связано со скарнированием.

Заметка М.А. Куликовой с соавторами (2019), в основе которой лежат результаты изучения Главной дайки Бакала, посвящена характеристике петротипа кургасского комплекса.

Авторами публикации (Шагалов и др., 2019) продемонстрировано, что амфиболизация габбронорита Кусинской интрузии происходила с развитием по пироксену паргасит-гастингситовых роговых обманок. На субсолидусном этапе взаимодействия межзернового флюида с каркасом ранних высокотемпературных магматических минералов во флюиде накапливался Cl, оказавший заметное влияние на процессы рудообразования при формировании Кусинского магнетит-ильменитового месторождения. С учетом всего сказанного сделан вывод о большей глубине становления Кусинского массива по сравнению с месторождениями, локализованными в зоне Зюраткульского разлома. Последние имеют, соответственно, иной состав руд.

По данным работы (Высоцкий, Ковалев, 2019), разнообразие магматических пород шатакского комплекса и вариации в них содержания благородных металлов обусловлены внутрикамерной дифференциацией расплава и последующим метамор-

физмом. Повышенное содержание ЭПГ и Au в осадочных породах машакской свиты объясняется воздействием на них магматизма и перераспределением вещества при метаморфизме.

Минеральные ассоциации пород шатакского комплекса сформировались в результате нескольких этапов (Ковалев, Ковалев, 2020). Так, при внедрении магматического расплава в осадочные породы формировалась Th-PЗЭ минерализация (алланит, торит, монацит, ксенотим и Th-PЗЭ соединения сложного состава). Fe-оксидная и сульфидно-селенидная минерализация (магнетит, гематит, пирит, халькопирит, борнит, клаусталит и селениды Fe и Cu) образована на этапе син- и постмагматического метаморфогенно-гидротермального перераспределения элементов на заключительных стадиях преобразования комплекса. Мусковит в конгломератах кузьелгинской подсветы формировался при температурах от ≈ 380 до $\approx 470^\circ\text{C}$ и давлении ≈ 3 –8 кбар. Это, а также пространственная связь мусковита с хлоритоидом указывает на существование в истории шатакского комплекса метаморфогенного этапа при ведущей роли стресса.

На примере дифференцированных интрузий мисаелгинского комплекса авторами публикации (Ковалев и др., 2020) продемонстрировано, что бадделит распространен по всему разрезу интрузивных тел, а циркон встречается только в интервалах габбро, где наблюдается замещение им бадделита. Высказано предположение, что это обусловлено процессом магматической дифференциации расплава в промежуточной камере, когда при кристаллизационно-гравитационной дифференциации силикатов ранней генерации остаточный расплав обогащается кремнеземом. Масштабирование описанных процессов при формировании КМП ставит вопрос о “первичности” циркона в дифференцированных массивах. Несколько позднее показано, что химический состав силикатов и алюмосиликатов комплекса позволяет считать вероятным механизмом его формирования направленную кристаллизацию с гравитационным осаждением на начальных стадиях оливина (Ковалев, Ковалев, 2021).

В заметке (Шагалов и др., 2020) описаны амфиболы и слюды габбро Кусинской расслоенной интрузии. Авторы выполнили расчет концентрации Cl в расплаве/флюиде, и установили, что его содержание в исходном расплаве составляло <400 г/т, а во время кристаллизации высоко-Cl амфиболов достигало 1.4 мас. %.

Для шатакского комплекса описан ряд нетипичных для магматических пород минералов (природная бронза, никелистая α -латунь, дисилицид Fe и интерметаллиды Cu-Sn-Ti) (Ковалев и др., 2022). Предложены механизмы их формирования, связанные с эволюцией магматической системы. Так, показано, что интерметаллиды образовались при температуре $798...>1005^\circ\text{C}$, а появление FeSi_2 свя-

зано с образованием при 1220°C его высокотемпературной модификации, которая при 982°C при постоянном содержании Si трансформировалась в низкотемпературную.

Петрохимическая и минералогическая характеристика габбро-долеритов Суранского месторождения флюорита приведена в статье (Самигуллин, Мичурин, 2024). Установлено, что пирит в габбро-долеритах имеет высокое содержание Co и Ni. Предполагается, что источник расплава имел мантийную природу, щелочной уклон свидетельствует о достаточной глубине частичного плавления. На диаграммах Пирса точки габбро-долеритов сосредоточены в области внутриплитного магматизма. Состав клинопироксена, как и ряд других фактов, указывают на принадлежность пород продуктам внутриплитного магматизма.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕКТЕНИКЕ И ГЕОДИНАМИКЕ

Публикации по тектонике, геодинамике и магматизму Башкирского мегантиклинория тесно переплетены, и формальное отнесение их к разным разделам не всегда возможно. Так, в публикации (Рыкус и др., 2011) рассмотрены геологическое строение, состав, петрогенезис и минерогения гранитных массивов западного склона Южного Урала. Подтверждена их принадлежность к внутриплитным гранитам А-типа. Формирование массивов связано со средне- и позднерифейским рифтогенезом в Центрально-Уральской и Уралтауской мегазонах. В первой из них наиболее отчетливыми признаками рифтогенеза обладает машакская свита. Машакским вулканитам комагматичны массивы гранитов – Ахмеровский, Рябиновский, Бердяушский, геохимические характеристики которых заметно отличаются от таковых надсубдукционных и коллизионных гранитов Урала. Источники их имели мантийную или мантийно-коровую природу при широком участии магматической дифференциации. Бердяушский плутон принадлежит гранитам группы А2; возможными источниками для него выступали кварц-полевошпатовые породы коры, испытавшие преобразования под воздействием глубинных щелочных растворов.

Авторы работы (Ковалев, Ковалев, 2012а) охарактеризовали два этапа минералообразования в пределах Башкирского мегантиклинория в связи с геотектоническими обстановками. Первый связан с процессами рифтогенеза, заложением грабенообразных структур и заполнением их осадками машакской свиты. В последующем произошло излияние базальтов, сопровождавшееся предварительной проработкой субстрата восстановленными мантийными флюидами. Это привело к формированию в терригенных породах геохимиче-

ских аномалий элементов “мантийной” природы. Становление на данном этапе гидротермальной системы сделало процесс минералообразования многофакторным. На поздневендском этапе сжатия на процессы минералообразования существенное влияние оказал уже метаморфизм. При температурах 360–460...100–150°C и давлении 5–7 кбар произошло перераспределение части вещества, что привело к возникновению Au, Au-Ag и Ag-содержащих минеральных ассоциаций, уранинита, монацита и разнообразных соединений РЗЭ.

По представлениям авторов работы (Puchkov et al., 2013), Машакская КМП, сформированная ≈1380 млн лет назад на восточной окраине Восточно-Европейского кратона, отражает этап распада суперконтинента Колумбия (Нуна). Высказано мнение, что занимаемая ею продуктами площадь могла быть более 500 000 км², а само событие сопоставимо по времени с вулканитами Зиг-Заг-Дал, силлами Мидсоммерсё (Гренландия) и дайками долеритов Западной Сибири.

С.Г. Ковалевым с соавторами (2014) высказано мнение, что сульфидно-Co-специализация пикритов и пикродолеритов верхнего докембрия Южного Урала связана с процессами магмогенерации в обстановках неоднократного рифтогенеза.

В статье (Бажин, 2015) рассмотрены геологическое строение, состав и петрогеохимические особенности Ахмеровского гранитного массива. Подтверждено, что он комагматичен машакским вулканитам, а также Бердяушскому, Кусинско-Копанскому и Рябиновскому массивам. Обоснован вывод, что в палеотектоническом отношении граниты связаны со стабильной консолидированной структурой платформенного типа.

Геохимические особенности среднерифейских жильных и интрузивных пород основного состава суммированы в работе Г.Б. Ферштатера и В.В. Холоднова (2016). В соответствии с представлениями авторов, эти породы образуют несколько групп близкого возраста (1390–1380 млн лет), различающихся формационной и фациальной принадлежностью, вещественным составом и, возможно, источниками расплава. К ним относятся габброиды Кусинско-Копанской расслоенной интрузии и их богатые Ti разности, габброиды ранних фаз Бердяушского плутона, дайки амфиболитов Губенского массива и ряд других. Высказано мнение, что среднерифейские жильные породы Башкирского антиклинория образуют типичную КМП, сформированную под влиянием плюма. На диаграмме Zr/Y–Nb/Y все основные интрузивные породы главного этапа рифтогенного магматизма Башкирского антиклинория принадлежат полю палеозойских габброидов с возрастом <380 млн лет. Это означает, что базиты, начинающие палеозойскую историю Уральского подвижного пояса и связанные с началом закрытия океанического бассейна (460–380

млн лет), не продолжают магматическую эволюцию, обусловленную раскрытием океана, а начинают новый этап магматизма с совершенно иной геодинамикой, связанной с конвергентным взаимодействием литосферных плит и сопровождающими ее субдукцией и коллизией.

Развитие описанных представлений мы находим и в заметке (Холоднов и др., 2016а). Характеризуя эволюцию Кувашского грабена, авторы указали на присутствие на его восточном фланге толеитовых вулканитов (назямская толща) с наиболее низкими содержаниями К и несовместимых редких элементов. Состав назямских амфиболитов близок к таковому N-MORB базальтов. Появление подобных пород позволяет думать, что на севере Кувашско-Машакской рифтовой структуры (в восточной части Кувашского грабена) растяжение континентальной коры было наиболее интенсивным. Авторы считают, что Назямский рифт характеризовался погружением кристаллического дна на глубину не менее 20 км. Выполненный ими анализ данных по магматизму западного склона Урала в раннем и среднем рифее, а также Sr-Nd систематики изверженных пород всех последующих этапов формирования Уральского эпиконтинентального орогена позволил считать, что, пройдя предрифтовый этап, Уральский палеоокеан мог начать активное раскрытие еще во второй половине среднего рифея. Этому предшествовало образование относительно небольших по размеру рифтовых структур типа Красного моря.

В наиболее полном виде взгляды авторов о магматизме этапа, предшествующего раскрытию Уральского палеоокеана, мы находим в работе (Холоднов и др., 2017). В ней выполнен анализ состава и рудоносности магматических пород нижнего и среднего рифея Башкирского мегантиклинория и привлечены данные по соседним сегментам западного склона Южного Урала. Показана эволюция составов от пород с геохимическими параметрами OIB (трахибазальты Сибири) и базитов E-MORB (вулканиты машакской свиты, базиты и гранитоиды кусинско-копанского комплекса) в направлении к N-MORB (назямские амфиболиты). Указанная эволюция проявлена и в изотопно-геохимических характеристиках изверженных пород. Для интервала 1750–1200 млн лет авторы считают возможным предполагать раскрытие океанического бассейна к востоку от Восточно-Европейской платформы. В границах Башкирского мегантиклинория этому предшествовало формирование рифтовых структур типа Красного моря; одна из таких структур (Кувашско-Назямский рифт-грабен) была относительно короткоживущей.

Характеризуя историю геологического развития Башкирского мегантиклинория, автор публикаций (Шардакова, 2013, 2016) указывает, что она была длительной и сложной. По комплексу геоло-

гических, литолого-стратиграфических, петрологических и изотопно-геохронологических данных в ней выделяются импульсы тектономагматической активности 1700–1600, 1550–1450, 1385–1350, 1050–945, 730–610 и 540–510 (?) млн лет. С большинством из перечисленных событий связано формирование различных магматических пород. Некоторые выводы данной работы сводятся к следующему. Циркон с возрастными 3162, 2645 и 1942 млн лет предполагает присутствие дорифтогенного вещества фундамента Восточно-Европейского континента. Возраст реликтового циркона из пород Кусинско-Копанской интрузии и семирятского комплекса (1700–1600 млн лет) совпадает с возрастом вулканитов айской свиты. Циркон гранитов Ахмеровского массива, Бердяшского плутона, Медведевского месторождения, юрминского комплекса с возрастными 1230–1056 (до 974) млн лет, по-видимому, результат гренвилльских событий. Измененный циркон гранитов Киалимского массива и нефелиновых сиенитов Бердяшского плутона имеет возраст ≈ 790 –740 млн лет (верхнерифейский импульс эндогенной активности). Циркон с возрастными 650–630 млн лет отмечен в гранитах Губенского и Киалимского массивов, а в гранитах Ахмеровского массива и Медведевского месторождения описан циркон с возрастными 560–510 млн лет. По мнению автора, все перечисленные датировки связаны с тиманскими событиями. Начало их фиксируется плагиогранитоидами Кусинско-Копанской интрузии (660 млн лет), а окончание – гранитогнейсами юрминского комплекса (540 млн лет). Последние имеют геохимические характеристики и внутриплитных рифтогенных и орогенных образований.

В работе (Шардакова, 2017) на базе геохимических и изотопных характеристик кислых и основных магматических пород разных этапов геодинамической эволюции западного склона Южного Урала автор показала, что на границе Урала с Восточно-Европейской платформой проявлены как древние, так и уральские процессы. И гранитоиды, и базиты среднего рифея, известные в пределах мегантиклинория, сформировались под воздействием внутриплитного рифтогенеза и мантийного плюма.

Геодинамическая природа вулканогенных и осадочных образований аршинской серии обсуждается в работе (Маслов и др., 2018). По мнению авторов, и первые, и вторые имеют рифтогенную/плюмовую природу. В то же время вопрос о пространственном и временном соотношениях аршинской и каратауской серий требует дальнейших исследований, так как приведенный авторами материал свидетельствует о существовании в позднем рифее в пределах западного склона Южного Урала необычной латеральной и/или вертикальной последовательности крупных осадочных ассоци-

аций. Те из них, что расположены в современной структуре ближе к Восточно-Европейской платформе (каратауская серия), сложены почти исключительно осадочными образованиями пассивной континентальной окраины. К востоку от них, по видимому, присутствовали рифтогенные структуры со сложно построенным вулканогенно-осадочным выполнением, и пассивная окраина имела здесь черты вулканической.

Результаты палео- и петромагнитных исследований интрузивных пород рифея опубликованы в работах (Аносова и др., 2018; Латышев и др., 2019). Установив, что остаточная намагниченность пород кургасского комплекса первична, авторы рассчитали положение полюса ≈ 1349 млн лет тому назад. Обоснован вывод об отсутствии относительных перемещений блоков в позднем палеозое. Бакало-Саткинский разлом рассматривается как долгоживущая магноподводящая зона, с которой связано становление Бердяушского плутона, а также даек кургасского комплекса. Изучение анизотропии магнитной восприимчивости позволило авторам реконструировать движения магматического расплава. Так, в районе пос. Бердяуш магма распространялась вдоль трещин отрыва присдвиговой зоны, тогда как в окрестностях г. Куса ее движение происходило вдоль зоны растяжения, ориентированной параллельно названному разлому.

Исследовав циркон из пород юрминского комплекса, Г.Ю. Шардакова (2018) отметила, что его возрасты группируются в три кластера, отвечающие машакским (1380–1350 млн лет, ядра), гренвильским (1200–1056 млн лет, промежуточные зоны в цирконах) и тиманским (600–500 млн лет, каймы и самостоятельные зерна) событиям. Sm-Nd методом для пород комплекса получена изохрона с возрастом 1006 ± 62 млн лет, что отвечает именно гренвильским событиям. Однако, по мнению автора, до полной ясности в этом вопросе еще далеко.

В публикации (Шардакова, Холоднов, 2018) проанализированы геохимические особенности, характер субстрата и геодинамические обстановки доордовикского магматизма западного склона Урала. Авторы указали, что среднерифейские изверженные породы Башкирского мегантиклинория сформированы из разных по составу магматических источников. Исходный мантийный источник, по их представлениям, был метасоматически обогащен коровой компонентой. Среднерифейский рифтовый магматизм питался как из обогащенной, так и из существенно деплетированной мантии, а также был продуктом мантийного плюма, загрязненного коровым материалом. В позднем рифее – венде граница Урала с Восточно-Европейской платформой развивалась асинхронно во времени и в пространстве. Явные следы субдукции и последующего орогенеза зафиксированы в ее северных секторах, а также самых южных районах.

На остальных участках окраина платформы являлась окраиной Андского типа. В венде – кембрии на Южном Урале фиксируются, по представлениям авторов, орогенный или рифтогенный метаморфизм и ряд магматических проявлений. В результате аккреционно-коллизийных процессов пассивная окраина превратилась в активную. К сожалению, гранитоиды Башкирского мегантиклинория имеют характеристики, промежуточные между особенностями рифтогенных и орогенных образований, а также разные изотопные параметры.

Авторы крупного обзора (Иванов, Пучков, 2022) выделили в Башкирском мегантиклинории по особенностям стратиграфического разреза и характеру метаморфизма шесть зон: 1) северную (Тараташский антиклинорий); 2) южную (Ямантауский антиклинорий); 3) юго-западную (окрестности параметрической скв. 1 Кулгунино); 4) восточную (Маярдакский антиклинорий); 5) северо-восточную; 6) Улутаускую. Последняя является смежной с Башкирским мегантиклинорием в Центрально-Уральской зоне. Указано, что стратотип рифея расположен в северной зоне, а каратавий и юрматиний связаны постепенным переходом. Отмечено, что разрезы среднего, верхнего и терминального рифея Тараташского и Ямантауского антиклинориев принципиально не различаются. Авторы полагают, что в пределах указанных зон, взаимоотношения структур нижнего и среднего рифея меняются. На хр. Бол. Шатак их разрез непрерывен. На хр. Машак машакская свита залегает на различных горизонтах юшинской свиты со стратиграфическим перерывом и угловым несогласием. В более западных разрезах она выпадает из разреза, а на юшинскую или бакальскую свиты с размывом ложится зигальгинская свита. Выполненный К.С. Ивановым и В.Н. Пучковым анализ данных дает основание считать, что в раннем рифее зональность в Башкирском мегантиклинории располагалась поперек к его современному простиранию, а граница волго-уральского и уральского типов разрезов для среднего рифея была неустойчивой. В среднем и позднем рифее она уже имела уральскую ориентировку.

Авторы заметки (Рязанцев и др., 2023) полагают, что возраст обломочного циркона из верхнерифейских и вендских толщ Башкирского мегантиклинория показывает эволюцию источников сноса в связи с изменениями геодинамической обстановки на окраине Балтики. Предложен сценарий, допускающий коллизию в позднем рифее пассивной окраины Балтики и дуги с гетерогенным фундаментом, после чего в позднем рифее – венде и кембрии она развивалась в активном надсубдукционном режиме с формированием вулканоплутонического пояса. Результатом сказанного явилось в том числе формирование эклогитов белорусского комплекса с возрастом 532 ± 9 млн лет.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Направления, которым посвящен данный обзор, знакомы автору меньше, чем те, что рассмотрены в первой работе данной серии, тем не менее определенные соображения можно, как представляется, высказать и по ним.

Рассматриваемое время оказалось богато на новые датировки циркона из вулканических комплексов рифея Башкирского мегантиклинория. Связано сказанное в основном с появлением в руках исследователей нового инструментария, позволившего, с допустимыми для разумных интерпретаций погрешностями, датировать каждый кристалл циркона, выделенный будь то из гранитоидов, трахибазальтов, вулканических туфов или песчаников. Это не привело к какой-либо принципиальной “поломке” стратотипа рифея, но, например, удревнило его нижнюю границу примерно на 100 млн лет.

Возможность датировать индивидуальные зерна циркона способствовало появлению оригинальных представлений об истории формирования тех или иных магматических образований. Так, в самом начале 2010-х гг. Бердяушский плутон оказался интегральным продуктом мантийной и коровой магмогенерации, длительность которой достигала, по мнению А.А. Краснобаева с соавторами, почти 1 млрд лет. Вероятно, это и так, но какой тогда возраст этого плутона должен быть показан на геологической карте?

Значительный массив новых данных получен в эти годы по возрастам и изотопно-геохимическим характеристикам обломочного циркона, присутствующего в песчаниках стратотипа рифея. Эта информация позволила надежно обосновать представления о далеких (например, Волго-Сарматский ороген) и близких/локальных (Тараташский ороген) источниках кластики для формирования обломочных пород рифея. Предложен ряд сценариев накопления обломочного материала (интеграция кластики со сложно построенных обширных водосборов; отсутствие существенного перемешивания кластики; размыв осадочных толщ собственно стратотипа рифея), а также показаны быстрые вариации во времени состава пород палеоводосборов. Однако при этом считалось, что циркон не переносится на далекие расстояния, так как встречает на своем пути непреодолимые препятствия типа Среднерусского авлакогена, “защитающего” область седиментации от потока кластики с северо-западных флангов Восточно-Европейской платформы. Правда, тот же свекофенский и свекофенский циркон с мезопротерозойскими возрастными почему-то преодолевает более 2000 км и попадает в осадочные последовательности венда Подолии или северо-запада Сарматии, но, вероятно, это другая история. В конце 2010-х гг. высказаны представления о том, что формирование по-

пуляций обломочного циркона в песчаниках рифея контролируется процессами переотложения его из местных объектов. Влияние удаленных источников авторами указанных представлений не исключалось, но было для них неочевидным. Эта работа, как и ряд ей предшествующих, привлекла внимание к проблеме рециклинга обломочного циркона, которой до этого практически не уделялось внимания. Несмотря на неясности, условности и оговорки, можно думать, что формирование слагающих стратотип рифея обломочных пород и соответственно популяций обломочного циркона в них происходило под влиянием как непосредственного размыва пород протоисточников, так и рециклирования кластики. Геологические следы последнего в виде размывов различного масштаба отмечаются в стратотипической местности рифея нечасто, однако и рециклинг не следует понимать как только размыв и переотложение обломочного материала в пределах бассейна осадконакопления.

Результаты датирования обломочного циркона из песчаников бирьянской подсвиты зильмердакской свиты, существенно отличающиеся от тех, что получены для лемезинской подсвиты той же свиты, и указывающие на высокую долю в составе популяции обломочного циркона зерен с мезопротерозойскими возрастными, были восприняты скептически. Однако вскоре похожие результаты были опубликованы для циркона из оолитовых известняков укской свиты. Поэтому, думается, что первые построения, базировавшиеся на ограниченном фактическом материале, с течением времени, конечно, испытают те или иные трансформации. В настоящий момент известно ≈ 10 определенных U-Pb изотопного возраста обломочного циркона, как из песчаников различных свит рифея, так и венда Башкирского мегантиклинория. Ни для одного стратиграфического уровня последнего нет, однако, “развертки” таких данных по латерали, а это важно с точки зрения понимания особенностей функционирования систем поступления кластики на восток палеоконтинента Балтика на протяжении более 1 млрд лет.

Канва событий геодинамического плана для стратотипической местности рифея в последние годы устоялась. Формирование осадочных последовательностей бурзянской и юрматинской серий шло в поочередно сменявших друг друга во времени бассейнах надрифтовых впадин, тогда как накопление осадочных толщ верхнего рифея происходило в обстановках, напоминавших обстановки пассивной или пассивной вулканической окраины. Представляется дискуссионным вопрос о характере латерального и/или вертикального соотношения крупных осадочных ассоциаций в позднем рифее в пределах западного склона Южного Урала, поскольку те из них, что расположены в современной структуре ближе к Восточно-Европейской

платформе (каратауская серия), сложены почти исключительно осадочными образованиями, а к востоку от них (трудно, правда, сказать как далеко?), по-видимому в рифтогенных структурах, формировались вулканогенно-осадочные толщи (аршинская серия). Еще более экзотичными являются представления о том, что в неопротерозое граница Урала и Восточно-Европейской платформы развивалась асинхронно во времени и пространстве (на севере и крайнем юге как будто бы установлены явные следы субдукции и последующего орогенеза, а на остальных участках окраина платформы являлась окраиной Андского типа). Предложен также вариант, согласно которому в позднем рифее произошла коллизия пассивной окраины Балтики и дуги с гетерогенным фундаментом, после чего вплоть до кембрия она развивалась в надсубдукционном режиме, что обусловило формирование вулканоплутонического пояса.

Машакская КМП, включающая как вулканические породы, локализованные в разрезах машакской свиты, так и габброиды Кусинско-Копанской расслоенной интрузии и ранних фаз Бердяшского плутона, дайки амфиболитов Губенского массива, гранитоиды Ахмеровского массива и другие магматические образования, отражает один из этапов распада суперконтинента Колумбия (Нуна); площадь ее продуктов могла превышать 500 000 км². Некоторые авторы считают возможным для интервала 1750–1200 млн лет предполагать раскрытие океанического бассейна к востоку от Восточно-Европейской платформы. В границах Башкирского мегантиклинория этому предшествовало формирование структур типа Красноморского рифта. Фиксируются в возрастах циркона из различных магматических комплексов Башкирского мегантиклинория также и признаки гренвилльских и тиманских событий.

Геодинамические события контролировали в той или иной степени и процессы минералообразования. В пределах Башкирского мегантиклинория можно выделить два этапа последнего. Первый связан с процессами рифтогенеза начала среднего рифея. Сформированные в грабенообразных структурах осадки машакской свиты, периоды накопления которых чередовались с формированием толщ базальтов и риолитов, сопровождавшемся проработкой субстрата восстановленными мантийными флюидами, приобрели геохимические аномалии элементов “мантийной” природы. На втором (поздневендском) этапе существенное влияние на процессы минералообразования оказал связанный с процессами коллизии метаморфизм, способствовавший перераспределению части вещества и образованию Au, Au-Ag и Ag-содержащих минеральных ассоциаций, уранинита, монацита и соединений РЗЭ.

Принципиальные результаты получены в начале 2010-х гг. при исследовании меланогаббро-но-

ритов и габбро-долеритов центральной части Башкирского мегантиклинория. Их формирование шло на фоне процессов коровой контаминации, фракционной кристаллизации и накопления кумулула. Геохимические особенности пород предполагают, что формирование первичных магм происходило на разных глубинах колонны плавления мантии. Значительное превышение температуры расплавов относительно температуры астеносферы указывает на связь магматизма с подъемом плюма. Широкое развитие разнообразных вулканоплутонических комплексов раннесреднерифейского времени – отражение масштаба и сложности процессов петрогенеза.

Исследования циркона из различных магматических пород кусинско-копанского комплекса дало возможность установить как нижнюю (1390–1380 млн лет), так и верхнюю (1353 ± 16 млн лет) его границы. Показано, что рудоносные (Fe-V-Ti) габброидные интрузии, а также гранитоиды комплекса формировались в течение ≈40–50 млн лет.

Все немногочисленные верхнекембрийские массивы гранитоидов, известные в пределах Башкирского мегантиклинория, получили полноценную петрогеохимическую характеристику и оказались принадлежащими внутриплитным гранитам А-типа. Крупномасштабное (1:25 000) картирование Бердяшского плутона показало, что граниты рапакиви слагают не более 10–20% его площади, а основной объем приходится на гетерогенные метасоматические гибридные породы. Предполагается, что появление гибридных сиенодиоритов связано с мощным прогревом и метасоматическим преобразованием под воздействием глубинных флюидов.

Интересные выводы получены и при изучении дифференцированных тел мисаелгинского комплекса. Здесь бадделлит распространен по всему разрезу интрузивных тел, а циркон встречается только в габбро, где замещает бадделлит. Это, вероятно, связано с магматической дифференциацией расплава в промежуточной камере, когда остаточный расплав обогащается кремнеземом. Описанные соотношения ставят вопрос о “первичности” циркона в дифференцированных массивах.

В целом работы в области магматической петрологии рифея Башкирского мегантиклинория многоплановы, разнообразны, интересны и в существенной степени продуктивны. Во многих случаях результаты их тесно связаны и вплетены в разнообразные металлогенические модели и прогнозы.

Пик исследований общих особенностей постседиментационных преобразований осадочных толщ Башкирского мегантиклинория пришелся на конец 1990-х – начало 2000-х гг., когда были разработаны основные представления о процессах дометаморфических (катагенез и метагенез) и метаморфических изменений пород всех трех крупных страто-

нов рифея. В анализируемый нами период исследования подобного плана имели больше “практическую” направленность, что привело к обнаружению многочисленных объектов с разнообразной и ранее часто неизвестной минерализацией, появление которой, по мнению изучавших ее авторов, во многом контролировалось именно процессами метаморфизма и геодинамикой.

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

- Алексеев А.А., Ковалев С.Г., Тимофеева Е.А. (2009) Белорецкий метаморфический комплекс. Уфа: Дизайн-ПолиграфСервис, 208 с.
- Анфимов Л.В. (1997) Литогенез в рифейских осадочных толщах Башкирского мегантиклинория (Ю. Урал). Екатеринбург: УрО РАН, 289 с.
- Аносова М.Б., Латышев А.В., Хотылев А.О. (2018) Палеомагнитные, петромагнитные и геохимические свойства рифейских интрузивных тел северной части Башкирского антиклинория (Южный Урал). *Геология, геоэкология и ресурсный потенциал Урала и сопредельных территорий. Мат-лы VI Всерос. молодежной геол. конф.* СПб.: Свое издательство, 194-199.
- Бажин Е.А. (2014а) Геология Ахмеровского гранитного массива (западный склон Южного Урала). *Уральская минералогическая школа. Мат-лы XX Всерос. науч. конф.* Екатеринбург: ИГГ УрО РАН; УГГУ, 6-8.
- Бажин Е.А. (2015) Геология, петрогеохимия Ахмеровского гранитного массива (Башкирский мегантиклинорий). *Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Мат-лы Научных чтений памяти П.Н. Чирвинского*, вып. 18. Пермь: ПГНИУ, 179-184.
- Бажин Е.А. (2014б) Геология Рябиновского гранитного массива (Башкирский мегантиклинорий). *Геология, геоэкология и ресурсный потенциал Урала и сопредельных территорий. Мат-лы II Всерос. молодеж. геол. конф.* Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 206-212.
- Бажин Е.А., Сначев В.И. (2014) Новый взгляд на геологическое строение Бердяшского массива гранитов-рапакиви (Южный Урал). *Металлогения древних и современных океанов – 2014. Мат-лы XX науч. молодеж. шк.* Миасс: ИМин УрО РАН, 199-203.
- Бочарникова Т.Д., Главатских С.П., Холоднов В.В. (2010) Находка бадделита в магнетит-ильменитовых рудах Кусинской габбровой интрузии (Южный Урал). *Вестн. Урал. отд. РМО*, (7), 11-13.
- Бочарникова Т.Д., Холоднов В.В., Шагалов Е.С. (2013) Дайки гранитоидов в Кусинском месторождении, их геохимические особенности (галогены, Sr и др.). *Тр. ИГГ УрО РАН*, вып. 160, 237-241.
- Бочарникова Т.Д., Холоднов В.В., Шагалов Е.С. (2018) Особенности вертикальной галогенно-геохимической и рудной зональности Кусинского Ti-V-Fe месторождения (Южный Урал). *Тр. ИГГ УрО РАН*, вып. 165, 206-209.
- Бочарникова Т.Д., Холоднов В.В., Шагалов Е.С. (2011а) Поведение галогенов (Cl, F) в апатитах ритмично-расслоенных рудоносных габброидов Медведевского месторождения. *Тр. ИГГ УрО РАН*, вып. 158, 83-85.
- Бочарникова Т.Д., Холоднов В.В., Шагалов Е.С. (2011б) Состав и источники флюидов в скарнах минеральных копей кусинско-копанского интрузивного комплекса (Южный Урал). *Литосфера*, (5), 124-130.
- Высоцкий С.И., Ковалев С.Г. (2019) Геохимия редкоземельных элементов и благородных металлов в породах Шатакского комплекса (Южный Урал). *Геол. вестн.*, (2), 58-71.
- Зайцева Т.С., Кузнецов А.Б., Сергеева Н.Д., Адамская Е.В., Плоткина Ю.В. (2022) U–Th–Pb-Возраст детритового циркона из оолитовых известняков укской свиты: следы гренвилльских источников сноса в позднем рифее Южного Урала. *Докл. РАН. Науки о Земле*, **503**(2), 90-96.
- Иванов К.С., Пучков В.Н. (2022) Структурно-формационные зоны Уральского складчатого пояса: обзор данных и развитие новых идей. *Геотектоника*, (6), 78-113.
- Князев Ю.Г., Князева О.Ю., Сначев В.И., Жданов А.В., Каримов Т.Р., Айдаров Э.М., Масагутов Р.Х., Арсланова Э.Р. (2013) Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (3-е поколение). Сер. уральская. Л. N-40: Уфа. Объясн. зап. СПб.: ВСЕГЕИ, 512 с.
- Ковалев С.Г. (2011) Новые данные по геохимии диабаз-пикритового магматизма западного склона Южного Урала и условия его формирования. *Литосфера*, (2), 68-83.
- Ковалев С.Г. (2014) Рудогенерирующий потенциал мезопротерозойского магматизма и геодинамические обстановки его проявления (на примере западного склона Южного Урала). *Металлогения древних и современных океанов – 2014. Мат-лы XX Науч. молодежной шк.* Миасс: ИМИН УрО РАН, 12-16.
- Ковалев С.Г. (2010) Шатакский вулканоплутонический комплекс – уникальный объект для познания раннесреднерифейской истории развития Южного Урала. *Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана, Урала и сопредельных территорий. Мат-лы VIII Межрегион. науч.-практ. конф.* Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 55-57.
- Ковалев С.Г., Ковалев С.С. (2014а) Геохимическая специализация шатакского и кусинско-копанского магматических комплексов (Башкирский мегантиклинорий). *Геол. сб. № 11*. Уфа: ДизайнПресс, 176-188.
- Ковалев С.Г., Ковалев С.С. (2012а) Золотосеребрянная минерализация в углеродсодержащих породах Башкирского мегантиклинория, Ю. Урал. *Тр. Фермановской науч. сессии ГИ КНЦ РАН*, вып. 9, 263-266.
- Ковалев С.Г., Ковалев С.С. (2012б) Интрузивный магматизм западного склона Южного Урала как источник благороднометальной специализации терригенных пород. *Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана, Урала и сопредельных территорий. Мат-лы IX Межрегион. науч.-практ. конф.* Уфа: ДизайнПресс, 84-86.
- Ковалев С.Г., Ковалев С.С. (2021) К вопросу о дифференциации расплава в промежуточной камере (на примере дифференцированных интрузивов западного склона Южного Урала). *Георесурсы*, **23**(4), 80-95.

- Ковалев С.Г., Ковалев С.С. (2014б) Минералогия, геохимия и генезис пикритовых и пикродолеритовых комплексов западного склона Южного Урала. *Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана, Урала и сопредельных территорий. Мат-лы X Межрегион. науч.-практ. конф.* Уфа: ДизайнПресс, 142-144.
- Ковалев С.Г., Ковалев С.С. (2020) Минералообразующие процессы в вулканогенно-осадочных породах шатакского комплекса (Южный Урал). *Геол. вестн.*, (3), 27-46.
- Ковалев С.Г., Пиндюрина Е.О. (2010) Новые данные по петрографии и геохимии дифференцированной интрузии из основания машакской свиты. *Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана, Урала и сопредельных территорий. Мат-лы VIII Межрегион. науч.-практ. конф.* Уфа: ДизайнПресс, 48-51.
- Ковалев С.С., Ковалев С.Г. (2017) P-T параметры метаморфизма углеродсодержащих сланцев Башкирского мегантиклинория. *Геология. Изв. Отделения наук о Земле и природных ресурсов АН РБ*, (24), 47-55.
- Ковалев С.Г., Высоцкий С.И., Ковалев С.С. (2019) “Древние” цирконы в магматических породах шатакского комплекса (Южный Урал): морфология и генезис. *Геол. вестн.*, (1), 45-54.
- Ковалев С.Г., Высоцкий С.И., Ковалев С.С. (2018а) Изотопно-геохимическое (Rb-Sr, Sm-Nd) изучение магматических пород шатакского комплекса (Башкирский мегантиклинорий). *Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана, Урала и сопредельных территорий. Мат-лы XII Межрегион. науч.-практ. конф.* СПб.: Свое издательство, 256-262.
- Ковалев С.Г., Высоцкий С.И., Ковалев С.С. (2018б) Модель образования магматических пород шатакского комплекса. *Геол. вестн.*, (2), 3-13.
- Ковалев С.Г., Высоцкий С.И., Ковалев С.С. (2015) Петрогеохимия магматических комплексов западного склона Южного Урала и востока Восточно-Европейской платформы. *Геол. сб. № 12.* СПб.: Свое издательство, 117-137.
- Ковалев С.Г., Ковалев С.С., Высоцкий С.И. (2018в) Благороднометаллная геохимическая специализация мезопротерозойских магматических комплексов Башкирского мегантиклинория и восточной окраины Восточно-Европейской платформы. *Литосфера*, **18**(2), 295-313.
- Ковалев С.Г., Ковалев С.С., Высоцкий С.И. (2018г) Новообразованные минеральные ассоциации Башкирского мегантиклинория: видовое разнообразие и генетические реконструкции. *Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана, Урала и сопредельных территорий. Мат-лы XII Межрегион. науч.-практ. конф.* СПб.: Свое издательство, 263-273.
- Ковалев С.Г., Ковалев С.С., Пучков В.Н. (2022) Интерметаллиды Cu-Sn, Cu-Zn-Ni, Cu-Sn-Ti в магматических породах шатакского комплекса (западный склон Южного Урала). *Геол. вестн.*, (3), 3-15.
- Ковалев С.Г., Высоцкий И.В., Пучков В.Н., Маслов А.В., Гареев Э.З. (2013) Геохимическая специализация структурно-вещественных комплексов Башкирского мегантиклинория. Уфа: ДизайнПресс, 268 с.
- Ковалев С.Г., Ковалев С.С., Высоцкий С.И., Высоцкий И.В., Тимофеева Е.А. (2017а) Изотопный состав углерода и кислорода в терригенных отложениях Башкирского мегантиклинория. *Геол. сб. № 14.* СПб.: Свое издательство, 65-77.
- Ковалев С.Г., Ковалев С.С., Пиндюрина Е.О., Котляров В.А. (2014) Сульфидная минерализация пикритовых и пикродолеритовых комплексов Южного Урала. *Зан. РМО*, **143**(5), 74-84.
- Ковалев С.Г., Пучков В.Н., Высоцкий С.И., Ковалев С.С. (2018д) Находки “древних” цирконов в магматических породах шатакского комплекса (Южный Урал) и их петрогенетические следствия. *Докл. АН*, **482**(5), 553-557.
- Ковалев С.Г., Пучков В.Н., Высоцкий С.И., Ковалев С.С. (2016) Первые данные о содержании и распределении благородных металлов в рифейских магматических комплексах Башкирского мегантиклинория и восточной окраины Восточно-Европейской платформы. *Докл. АН*, **471**(4), 459-464.
- Ковалев С.Г., Пучков В.Н., Высоцкий С.И., Ковалев С.С. (2017б) Условия образования магматических пород при плюмовом процессе (на примере западного склона Южного Урала). *Докл. АН*, **475**(2), 171-175.
- Ковалев С.Г., Пучков В.Н., Ковалев С.С., Высоцкий С.И. (2020) Первые данные о баделеит-цирконовой минерализации в дифференцированных интрузиях Башкирского мегантиклинория. *Зан. РМО*, **149**(4), 135-144.
- Краснобаев А.А., Попов В.С., Беляцкий Б.В. (2011а) Хронологические и генетические соотношения интрузивных пород Бердяшского плутона (Южный Урал) в свете новых U-Pb и Sm-Nd изотопных данных. *Зан. РМО*, **140**(2), 59-73.
- Краснобаев А.А., Попов В.С., Беляцкий Б.В. (2011б) Цирконология нефелиновых сиенитов Бердяшского массива (Южный Урал). *Докл. АН*, **436**(3), 377-380.
- Краснобаев А.А., Пучков В.Н., Сергеева Н.Д. (2018) Полихронная цирконология навьшских вулканитов айской свиты (Южный Урал). *Докл. АН*, **478**(1), 74-80.
- Краснобаев А.А., Пучков В.Н., Сергеева Н.Д., Бушарина С.В. (2019) Источники цирконов в обломочных породах рифейских толщ Урала. *Докл. АН*, **488**(4), 413-419.
- Краснобаев А.А., Пучков В.Н., Сергеева Н.Д., Бушарина С.В. (2020) Полихронные цирконы вулканитов навьшского комплекса айской свиты нижнего рифея (Южный Урал). *Георесурсы*, **22**(4), 101-112.
- Краснобаев А.А., Козлов В.И., Пучков В.Н., Сергеева Н.Д., Бушарина С.В. (2012) Новые данные по цирконовой геохронологии аршинских вулканитов (Южный Урал). *Литосфера*, (4), 127-139.
- 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.
- Краснобаев А.А., Пучков В.Н., Сергеева Н.Д., Шокаль-

- ский С.П., Бушарина С.В. (2017) Полихронная цирконология сиенитов Авашинской интрузии в Кургасской антиклинали (Южный Урал). *Докл. АН*, **473**(2), 195-200.
- Кузнецов Н.Б., Белоусова Е.А., Романюк Т.В., Дегтярев К.Е., Маслов А.В., Горожанин В.М., Горожанина Е.Н., Пыжова Е.С. (2017) Первые результаты U-Pb датирования детритовых цирконов из среднерифейских песчаников зигальгинской свиты (Южный Урал). *Докл. АН*, **475**(6), 659-664.
- Кузнецов Н.Б., Горожанин В.М., Горожанина Е.Н., Романюк Т.В., Белоусова Е.А., Сысоева А.О., Дубенский А.С., Шешуков В.С., Ляпунов С.М. (2022) Характер распределения U-Pb изотопного возраста зерен детритового циркона из обломочных пород бакеевской свиты (нижний элемент сводного разреза ашинской серии) Башкирского поднятия (Южный Урал). *Тектоника и геодинамика Земной коры и мантии: фундаментальные проблемы – 2022. Мат-лы LIII Тектонического сов.* М.: ГЕОС, 244-249.
- Кузнецов Н.Б., Горожанин В.М., Горожанина Е.Н., Романюк Т.В., Белоусова Е.А., Сысоева А.О., Дубенский А.С., Шешуков В.С., Ляпунов С.М. (2021) U-Pb возраст зерен детритового циркона из обломочных пород бакеевской свиты (нижний стратиграфический элемент сводного разреза ашинской серии) Башкирского поднятия (Южный Урал). *Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса от океана к континенту. Мат-лы сов.*, вып. 19. Иркутск: ИЗК СО РАН, 130-133.
- Кузнецов Н.Б., Маслов А.В., Белоусова Е.А., Романюк Т.В., Крупенин М.Т., Горожанин В.М., Горожанина Е.Н., Серегина Е.С., Цельмович В.А. (2013) Первые результаты U-Pb LA-ICP-MS изотопного датирования обломочных цирконов из базальных уровней стратотипа рифея. *Докл. АН*, **451**(3), 308-313.
- Кузнецов Н.Б., Романюк Т.В. (2022) Arumberia Banksi и “ашинское” распределение возрастов циркона в песчаниках “бирьянской подсвиты” зильмердакской свиты сводного типового разреза верхнего рифея Башкирского поднятия – указания на поздневендский возраст “бирьянской подсвиты” и ее принадлежность ашинской серии. *Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту). Мат-лы сов.*, вып. 20. Иркутск: ИЗК СО РАН, 155-157.
- Куликова М.А., Харчева А.С., Хотылев А.О. (2019) Петротип кургасского комплекса среднего рифея (западный склон Южного Урала): геологические, петрологические и геохимические особенности на примере Главной бакальской дайки. *Геология, геоэкология и ресурсный потенциал Урала и сопредельных территорий. Мат-лы VII Всерос. молодежной геол. конф.* Уфа: РН-БашНИПИнефть, 12-16.
- Латышев А.В., Аносова М.Б., Хотылев А.О. (2019) Палеомагнетизм интрузивных тел рубежа раннего-среднего рифея Башкирского мегантиклинория (Южный Урал): значение для палеотектонических реконструкций Восточно-Европейской платформы. *Геол. вестн.*, (1), 113-132.
- Маслов А.В., Ерохин Ю.В., Гердес А., Ронкин Ю.Л., Иванов К.С. (2018) Первые результаты U-Pb La-ICP-MS изотопного датирования обломочных цирконов из аркозовых песчаников бирьянской подсвиты зильмердакской свиты верхнего рифея (Южный Урал). *Докл. АН*, **482**(5), 558-561.
- Носова А.А., Сазонова Л.В., Горожанин В.М., Кузьменкова О.Ф., Дубинина Е.О. (2010) Мезопротерозойские оливиновые габбро-нориты Башкирского антиклинория, Южный Урал: родоначальные расплавы и особенности эволюции магм. *Петрология*, **18**(1), 53-87.
- Носова А.А., Сазонова Л.В., Каргин А.В., Ларионова Ю.О., Горожанин В.М., Ковалев С.Г. (2012) Мезопротерозойская внутриплитная магматическая провинция Западного Урала: основные петрогенетические типы пород и их происхождение. *Петрология*, **20**(4), 392-428.
- Пучков В.Н., Краснобаев А.А., Сергеева Н.Д., Бушарина С.В., Родионов Н.В., Баянова Т.Б. (2014) Архейские метабазиты в основании рифея Башкирского мегантиклинория (Южный Урал). *Докл. АН*, **457**(1), 85-91.
- Пучков В.Н., Краснобаев А.А., Сергеева Н.Д., Бушарина С.В., Шокальский С.П. (2017а) Цирконы, возраст и геологическое положение риодацитовых порфиров багрушинского комплекса (Южный Урал). *Докл. АН*, **477**(1), 75-80.
- Пучков В.Н., Сергеева Н.Д., Краснобаев А.А. (2017б) Стратиграфическая схема стратотипа рифея Южного Урала. *Геология. Изв. Отделения наук о Земле и природных ресурсов АН РБ*, (23), 3-26.
- Романюк Т.В., Кузнецов Н.Б., Белоусова Е.А., Горожанин В.М., Горожанина Е.Н. (2018а) Изотопно-геохимические характеристики первичных источников осадочного материала базальных уровней рифейского Камско-Бельского авлакогена по результатам изучения детритовых цирконов из айской свиты Башкирского поднятия (Южный Урал). *Осадочная геология Урала и прилегающих регионов: сегодня и завтра. Мат-лы XII Урал. литол. сов.* Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 280-282.
- Романюк Т.В., Кузнецов Н.Б., Белоусова Е.А., Горожанин В.М., Горожанина Е.Н. (2018б) Палеотектонические и палеогеографические обстановки накопления нижнерифейской айской свиты Башкирского поднятия (Южный Урал) на основе изучения детритовых цирконов методом TerraneChrono®. *Геодинамика и тектонофизика*, **9**(1), 1-37.
- Романюк Т.В., Кузнецов Н.Б., Белоусова Е.А., Маслов А.В., Горожанин В.М., Горожанина Е.Н. (2019а) Ограничения на положение крупной магматической провинции в Колумбии по результатам U/Pb датирования детритовых цирконов из нижнерифейской бакальской и среднерифейской зигальгинской свит (Башкирское поднятие, Южный Урал). *Проблемы тектоники континентов и океанов. Мат-лы LI Тектонического сов.*, вып. 2. М.: ГЕОС, 194-199.
- Романюк Т.В., Кузнецов Н.Б., Горожанин В.М., Горожанина Е.Н., Белоусова Е.А., Пыжова Е.С. (2016) Первые результаты геохронологического и изотопно-геохимического изучения детритовых цирконов из зигальгинской и бакальской свит типового разреза рифея в Башкирском поднятии. *Осадочные комплексы Урала и прилегающих регионов и их минерализация. Мат-лы XI Урал. литол. сов.* Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 220-223.
- Романюк Т.В., Кузнецов Н.Б., Маслов А.В., Белоусова Е.А., Крупенин М.Т., Ронкин Ю.Л., Горожа-

- нин В.М., Горожанина Е.Н. (2014) Геохимическая и Lu/Hf-изотопная (LA-ICP-MS) систематика детритных цирконов из песчаников базальных уровней стратотипа рифея. *Докл. АН*, **459**(3), 340-344.
- Романюк Т.В., Кузнецов Н.Б., Маслов А.В., Белоусова Е.А., Ронкин Ю.Л., Горожанин В.М., Горожанина Е.Н. (2013а) Геохимическая и (LA-ICP-MS) Lu/Hf-систематика детритных цирконов из лемезинских песчаников верхнего рифея Южного Урала. *Докл. АН*, **453**(6), 657-661.
- Романюк Т.В., Кузнецов Н.Б., Пучков В.Н., Сергеева Н.Д., Паверман В.И., Горожанин В.М., Горожанина Е.Н. (2020) Возраст и стратиграфическая позиция осадочных толщ Багрушинских гор, Южный Урал: первые результаты U-Pb датирования (LA-ICP-MS) детритового циркона. *Докл. РАН. Науки о Земле*, **493**(2), 29-35.
- Романюк Т.В., Кузнецов Н.Б., Пучков В.Н., Сергеева Н.Д., Паверман В.И., Горожанин В.М., Горожанина Е.Н. (2018в) Локальный источник обломочного материала для айской свиты (основание разреза стратотипа нижнего рифея, Башкирское поднятие, Южный Урал) по результатам U/Pb датирования (LA-ICP-MS) детритных цирконов. *Осадочная геология Урала и прилегающих регионов: сегодня и завтра. Мат-лы XII Урал. литол. сов.* Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 283-286.
- Романюк Т.В., Кузнецов Н.Б., Пучков В.Н., Сергеева Н.Д., Паверман В.И., Горожанин В.М., Горожанина Е.Н. (2019б) Локальный источник обломочного материала для пород айской свиты (основание разреза стратотипа нижнего рифея, Башкирское поднятие, Южный Урал) по результатам U-Pb датирования (LA-ICP-MS) детритовых цирконов. *Докл. АН*, **484**(1), 77-82.
- Романюк Т.В., Кузнецов Н.Б., Пучков В.Н., Сергеева Н.Д., Паверман В.И., Горожанин В.М., Горожанина Е.Н. (2019в) Уточнение возраста и стратиграфической позиции осадочных образований Багрушинских гор (Южный Урал) по результатам U/Pb датирования (LA-ICP-MS) детритовых цирконов. *Проблемы тектоники континентов и океанов. Мат-лы LI Тектонического сов.*, вып. 2. М.: ГЕОС, 188-194.
- Романюк Т.В., Кузнецов Н.Б., Пучков В.Н., Сергеева Н.Д., Паверман В.И., Горожанин В.М., Горожанина Е.Н. (2018г) U-Pb датирование (LA-ICP-MS) детритовых цирконов из основания разреза стратотипа нижнего рифея (Башкирское поднятие, Южный Урал): локальный источник обломочного материала для пород айской свиты. *Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту). Мат-лы сов.*, вып. 16. Иркутск: ИЗК СО РАН, 217-219.
- Романюк Т.В., Маслов А.В., Кузнецов Н.Б., Белоусова Е.А., Ронкин Ю.Л., Крупенин М.Т., Горожанин В.М., Горожанина Е.Н., Серегина Е.С. (2013б) Первые результаты U-Pb LA-ICP-MS датирования детритных цирконов из верхнерифейских песчаников Башкирского антиклинория (Южный Урал). *Докл. АН*, **452**(6), 642-645.
- Ронкин Ю.Л., Тихомирова М., Маслов А.В. (2016а) ≈1380 млн лет LIP Южного Урала: прецизионные U-Pb-ID-TIMS-ограничения. *Докл. АН*, **468**(6), 674-679.
- Ронкин Ю.Л., Тихомирова М., Маслов А.В. (2016б) ≈1380 млн лет LIP Южного Урала: прецизионные U-Pb ID-TIMS ограничения по циркону из гранитов рапакиви. *Тр. ИГГ УрО РАН*, вып. 163, 173-177.
- Рыкус М.В., Сначев В.И., Бажин Е.А. (2011) Анорогенные граниты западного склона Южного Урала: состав, петрогенезис, минерагения. *Нефтегазовое дело*, (5), 282-304.
- Рязанцев А.В., Разумовский А.А., Голионко Б.Г., Каныгина Н.А., Скобленко А.В., Георгиевский А.А., Дубенский А.С., Ерофеева К.Г., Шещуков В.С. (2023) Комплексы активной позднедокембрийской – кембрийской континентальной окраины на Южном Урале и в Мугоджарах. *Тектоника и геодинамика земной коры и мантии: фундаментальные проблемы – 2023. Мат-лы LIV Тектонического сов.* М.: ГЕОС, 159-163.
- 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.
- Сазонова Л.В., Носова А.А., Ларионова Ю.О., Каргин А.В., Ковалев С.Г. (2011) Мезопротерозойские пикриты восточной окраины Восточно-Европейской платформы и Башкирского мегантиклинория: петрогенезис и особенности составов оливина и клинопироксена. *Литосфера*, (3), 64-83.
- 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.
- Сергеева Н.Д., Краснобаев А.А., Пучков В.Н. (2020) Редкоземельные элементы в полихронных цирконах из метабазальтов аршинской серии завершающего рифея (Южный Урал). *Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Мат-лы Научных чтений памяти П.Н. Чирвинского.* Пермь: ПГНИУ, (23), 288-295.
- Сначев В.И., Бажин Е.А. (2016) Бердяушский массив гранитов-рапакиви: новые данные по геологическому строению и геодинамическому развитию (Южный Урал). *Докл. АН*, **466**(1), 59-63.
- Стратотип рифея. Стратиграфия. Геохронология (1983) (Отв. ред. Б.М. Келлер, Н.М. Чумаков). М.: Наука, 184 с.
- Тевелев Ал.В., Кошелева И.А., Хотылев А.О., Тевелев Арк.В., Прудников И.А. (2014) Особенности строения и эволюции айского вулканического рифейского комплекса (Южный Урал). *Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геол.*, (5), 19-28.
- Тевелев Ал.В., Мосейчук В.М., Тевелев Арк.В., Шкурский Б.Б. (2017) Распределение значений возраста цирконов в метаморфитах Тараташского блока Южного Урала (исходный провенанс-сигнал). *Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4: Геология*, (4), 15-19.
- Ферштатер Г.Б., Холоднов В.В. (2016) Геохимия средне-рифейских интрузивных пород Башкирского антиклинория – индикаторов начала формирования Палеоуральского океана. *Тр. ИГГ УрО РАН*, вып. 163, 129-133.
- Холоднов В.В., Шагалов Е.С. (2012а) Верхний и нижний возрастные рубежи среднерифейских рудоносных (Ti-Fe-V) интрузий кусинско-копанского комплекса на Южном Урале: U-Pb датирование цирконов Мед-

- ведовского месторождения. *Докл. АН*, **446**(4), 432-437.
- Холоднов В.В., Шагалов Е.С. (20126) Типоморфизм рудных минералов и апатита в ритмично-расслоенных породах и рудах Медведевского месторождения, Южный Урал – петрологические следствия. *Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана, Урала и сопредельных территорий. Мат-лы IX Межрегион. науч.-практ. конф.* Уфа: ДизайнПресс, 105-106.
- Холоднов В.В., Шагалов Е.С., Бородин Н.С. (2011) Состав ильменита и магнетита в ритмично-расслоенном амфиболовом габбро и анортозитах Медведевского месторождения (средний рифей, Южный Урал). *Тр. ИГГ УрО РАН*, вып. 158, 182-186.
- Холоднов В.В., Бочарникова Т.Д., Шагалов Е.С. (2012а) Состав, возраст и генезис магнетит-ильменитовых руд среднерифейского стратифицированного Медведевского массива (кусинско-копанский комплекс Южного Урала). *Литосфера*, (5), 145-165.
- Холоднов В.В., Шагалов Е.С., Бочарникова Т.Д. (20126) Верхний возрастной предел формирования рудосных интрузий кусинско-копанского комплекса: U-Pb датирование циркона из поздних гранитов Медведевского месторождения (Южный Урал). *Литосфера*, (3), 99-109.
- Холоднов В.В., Шагалов Е.С., Носова А.А. (2014) Редкометалльное месторождение Сибирка: новые данные о возрастных этапах и условиях формирования. *Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана, Урала и сопредельных территорий. Мат-лы X Межрегион. науч.-практ. конф.* Уфа: ДизайнПресс, 202-204.
- Холоднов В.В., Ферштатер Г.Б., Ронкин Ю.Л., Бородин Н.С., Прибавкин С.В., Лепихина О.П. (2010) Sm-Nd, Rb-Sr возраст габброидов, гранитоидов и титаномагнетитовых руд из расслоенных интрузий Кусинско-Копанского комплекса (Южный Урал). *Докл. АН*, **432**(5), 650-654.
- Холоднов В.В., Ферштатер Г.Б., Шагалов Е.С., Шардакова Г.Ю. (2016а) Рифейский магматизм БМА, предшествующий раскрытию Уральского палеоокеана, как отражение геодинамики процессов рифтогенеза. *Уральская минералогическая школа – 2016. Мат-лы XXII Всерос. науч. конф.* Екатеринбург: Альфа Принт, 128-133.
- Холоднов В.В., Ферштатер Г.Б., Шагалов Е.С., Шардакова Г.Ю. (2017) Рифейский магматизм и рудообразование, предшествующие раскрытию Уральского палеоокеана (западный склон Южного Урала). *Литосфера*, **17**(2), 5-26.
- Холоднов В.В., Шагалов Е.С., Бочарникова Т.Д., Коновалова Е.В. (2015) Состав и условия формирования титаномагнетит-ильменитового оруденения в дупироксеновом габбро Медведевского месторождения (Южный Урал). I. Петрохимическая и геохимическая характеристика пород и руд. *Литосфера*, (6), 69-82.
- Холоднов В.В., Шагалов Е.С., Бочарникова Т.Д., Коновалова Е.В. (20166) Состав и условия формирования титано-магнетит-ильменитового оруденения в дупироксеновом габбро Медведевского месторождения (Южный Урал). II. Стадийность рудообразования как результат эволюции рудоносного расплава. *Литосфера*, (2), 48-69.
- Хотылев А.О. (2016) Новые данные о геохимических особенностях трахибазальтов навашского (айского) вулканического комплекса рифея (Южный Урал). *Геология, геоэкология и ресурсный потенциал Урала и сопредельных территорий. Мат-лы IV Всерос. молодежной геол. конф.* СПб.: Свое издательство, 56-61.
- Хотылев А.О. (2018) Мезопротерозойский базитовый магматизм Башкирского мегантиклинория: закономерности и характеристики. *Геология, геоэкология и ресурсный потенциал Урала и сопредельных территорий. Мат-лы VI Всерос. молодежной геол. конф.* СПб.: Свое издательство, 24-29.
- Хотылев А.О., Тевелев Ал.В. (2014) Новые данные о строении и составе айского вулканического комплекса рифея (Южный Урал). *Геология, геоэкология и ресурсный потенциал Урала и сопредельных территорий. Мат-лы II Всерос. молодежной геол. конф.* Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 147-155.
- Хотылев А.О., Тевелев Ал.В. (2017) Геохимические особенности вулканитов раннерифейского навашского комплекса (Южный Урал). *Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4: Геология*, (6), 22-34.
- Хотылев А.О., Тевелев А.В., Бычкова Я.В., Латышев А.В., Аносова М.Б. (2020) Мезопротерозойский базитовый магматизм Башкирского мегантиклинория (Южный Урал): возрастные ограничения, петрологические и геохимические особенности. *Геодинамика и тектонофизика*, **11**(2), 219-243.
- Шагалов Е.С., Холоднов В.В. (2011) P-T условия формирования габброидов Медведевского массива кусинско-копанского интрузивного комплекса. *Минералы: строение, свойства, методы исследования. Мат-лы всерос. молодежной науч. конф.*, вып. 3. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 331-333.
- Шагалов Е.С., Холоднов В.В. (2014) Хромшпинелиды в высокомагнезиальных существенно амфиболовых породах (горнблендитах?) Медведевского месторождения (Кусинско-копанская интрузия, Южный Урал). *Уральская минералогическая школа. Мат-лы всерос. науч. конф.*, вып. 20. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 274-279.
- Шагалов Е.С., Сустанов С.Г., Холоднов В.В. (2017) Высокочлорные и сульфатные ассоциации минералов в породах кусинско-копанского комплекса. *Уральская минералогическая школа – 2017. Мат-лы всерос. науч. конф.*, вып. 23. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 233-237.
- Шагалов Е.С., Холоднов В.В., Бочарникова Т.Д. (2019) Магматическая роговая обманка в габбро-норитах Кусинской интрузии. *Уральская минералогическая школа. Мат-лы всерос. науч. конф.*, вып. 25. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 203-205.
- Шагалов Е.С., Холоднов В.В., Бочарникова Т.Д., Сустанов С.Г. (2020) Амфиболы и слюды в габброидах среднерифейской Кусинской расслоенной интрузии (Южный Урал, Россия). *Мат-лы XII Междунар. шк. по наукам о Земле имени профессора Л.Л. Перчука (ISES-2020)*. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 60.
- Шагалов Е.С., Холоднов В.В., Носова А.А., Солошенко Н.Г., Стрелецкая М.В., Киселева Д.В., Горожанин В.М. (2014) К вопросу о возрасте вмещающих пород редкометалльного месторождения Сибирка: Sm-Nd и U-Pb(циркон) изотопные данные. *Тр. ИГГ УрО РАН*, вып. 161, 362-366.

- Шардакова Г.Ю. (2013) U-Pb возраста цирконов из интрузивных пород Башкирского мегантиклинория – свидетельства импульсов эндогенной активности на восточной окраине Восточно-Европейского кратона. *Тр. ИГГ УрО РАН*, вып. 160, 303-308.
- Шардакова Г.Ю. (2016) Геохимические особенности и изотопный возраст гранитоидов Башкирского мегантиклинория – свидетельства импульсов эндогенной активности в зоне сочленения Уральского орогена с Восточно-Европейской платформой. *Геохимия*, (7), 607-622.
- Шардакова Г.Ю. (2017) Гранитоиды и базиты разных этапов геодинамической эволюции западного склона Южного Урала: геохимические и изотопные различия, источники, вопросы. *Уральская минералогическая школа. Мат-лы всерос. науч. конф.*, вып. 23. Екатеринбург: ИГ УрО РАН, 238-245.
- Шардакова Г.Ю. (2018) Отражение гренвилльских событий в разных изотопных системах гранитоидов и метаморфитов западного склона Урала. *Тр. ИГГ УрО РАН*, вып. 165, 228-232.
- Шардакова Г.Ю., Круленин М.Т. (2014) Базиты семибратского комплекса (Башкирский мегантиклинорий): сравнительные геохимические особенности и возможная возрастная позиция. *Тр. ИГГ УрО РАН*, вып. 165, 231-237.
- Шардакова Г.Ю., Холоднов В.В. (2018) Доордовикский магматизм западного склона Урала: геохимические особенности, гетерогенность субстрата, геодинамические обстановки. *Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана, Урала и сопредельных территорий. Мат-лы XII Межрегион. науч.-практ. конф.* СПб.: Свое издательство, 72-81.
- Шарипова А.А., Мичурин С.В., Никонов В.Н., Калистратова Е.О., Горожанин В.М. (2018) Геохимические особенности и распределение РЗЭ в габбро-долеритах Авзянского рудного района (Южный Урал). *Геология, геоэкология и ресурсный потенциал Урала и сопредельных территорий. Мат-лы VI Всерос. молодежной 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.
- Puchkov V.N., Bogdanova S.V., Ernst R.E., Kozlov V.I., Krasnobaev A.A., Söderlund U., Wingate M.T.D., Postnikov A.V., Sergeeva N.D. (2013) The ca. 1380 Ma Mashak igneous event of the Southern Urals. *Lithos*, **174**, 109-124.
- ecology and resource potential of the Urals and adjacent territories. *Proceedings of the VI All-Russian youth geological conference*. Saint Petersburg, Svoe izdatelstvo Publ., 194-199. (In Russ.)
- Bazhin E.A. (2014a) Geology of the Akhmerovsky granite massif (Western slope of the Southern Urals). *Ural mineralogical school. Proceedings of the XX All-Russian scientific conference*. Ekaterinburg, IGG UrO RAN; UGGU, 6-8. (In Russ.)
- Bazhin E.A. (2015) Geology, petrogeochemistry of the Akhmerovsky granite massif (Bashkir mega-anticlinorium). *Problems of mineralogy, petrography and metallogeny. Proceedings of the Scientific readings in memory of P.N. Chirvinsky*, vyp. 18. Perm, PGNIU, 179-184. (In Russ.)
- Bazhin E.A. (2014b) Geology of the Ryabinovsky granite massif (Bashkir mega-anticlinorium). *Geology, geoecology and resource potential of the Urals and adjacent territories. Proceedings of the II All-Russian youth geological conference*. Ufa, DesignPoligrafService Publ., 206-212. (In Russ.)
- Bazhin E.A., Snachev V.I. (2014) A new look at the geological structure of the Berdyash rapakivi granite massif (Southern Urals). *Metallogeny of ancient and modern oceans – 2014. Proceedings of the XX Scientific youth school*. Miass, IMin UrO RAN, 199-203. (In Russ.)
- Bocharnikova T.D., Glavatskikh S.P., Kholodnov V.V. (2010) Find of baddeleyite in magnetite-ilmenite ores of the Kusinsky gabbro intrusion (Southern Urals). *Vestn. Ural. otd. RMO*, (7), 11-13. (In Russ.)
- Bocharnikova T.D., Kholodnov V.V., Shagalov E.S. (2011a) Behavior of halogens (Cl, F) in apatites of rhythmically layered ore-bearing gabbroids of the Medvedevsky deposit. *Tr. IGG UrO RAN*, vyp. 158, 83-85. (In Russ.)
- Bocharnikova T.D., Kholodnov V.V., Shagalov E.S. (2011b) Composition and sources of fluids in skarns of mineral mines of the Kusinsk-Kopansky intrusive complex (Southern Urals). *Lithosphere (Russia)*, (5), 124-130. (In Russ.)
- Bocharnikova T.D., Kholodnov V.V., Shagalov E.S. (2013) Granitoid dikes in the Kusinsky deposit, their geochemical features (halogens, Sr, etc.). *Tr. IGG UrO RAN*, vyp. 160, 237-241. (In Russ.)
- Bocharnikova T.D., Kholodnov V.V., Shagalov E.S. (2018) Features of vertical halogen-geochemical and ore zoning of the Kusinsky Ti-V-Fe deposit (Southern Urals). *Tr. IGG UrO RAN*, vyp. 165, 206-209. (In Russ.)
- Fershtater G.B., Kholodnov V.V. (2016) Geochemistry of Middle Riphean intrusive rocks of the Bashkir anticlinorium – indicators of the beginning of the Paleo-Ural ocean formation. *Tr. IGG URO RAN*, vyp. 163, 129-133. (In Russ.)
- Ivanov K.S., Puchkov V.N. (2022) Structural-formational zones of the Ural folded belt: data review and development of new ideas. *Geotectonika*, (6), 78-113. (In Russ.)
- Kholodnov V.V., Shagalov E.S. (2012a) 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.)
- Kholodnov V.V., Shagalov E.S. (2012b) Typomorphism of ore minerals and apatite in rhythmically layered rocks and ores of the Medvedevskoe deposit, South Urals – petrological implications. *Geology, mineral resources*

REFERENCES

- Alekseev A.A., Kovalev S.G., Timofeeva E.A. (2009) Beloretsk metamorphic complex. Ufa, DesignPolygraph-Service Publ., 208 p. (In Russ.)
- Anfimov L.V. (1997) Lithogenesis in Riphean sedimentary strata of the Bashkir megaanticlinorium (South Urals). Ekaterinburg, UrO RAN, 289 p. (In Russ.)
- Anosova M.B., Latyshev A.V., Khotylev A.O. (2018) Paleomagnetic, petromagnetic and geochemical properties of the Riphean intrusive bodies of the northern part of the Bashkir anticlinorium (Southern Urals). *Geology, geo-*

- and problems of geocology of Bashkortostan, the Urals and adjacent territories. *Proceedings of the IX Interregional scientific-practical conference*. Ufa, DesignPress Publ., 105-106. (In Russ.)
- Kholodnov V.V., Bocharnikova T.D., Shagalov E.S. (2012a) Composition, age and genesis of magnetite-ilmenite ores of the Middle Riphean stratified Medvedev massif (Kusa-Kopan complex of the Southern Urals). *Lithosphere (Russia)*, (5), 145-165. (In Russ.)
- Kholodnov V.V., Shagalov E.S., Bocharnikova T.D. (2012b) Upper age limit for the formation of ore-bearing intrusions of the Kusinsk-Kopansky complex: U-Pb dating of zircon from late granites of the Medvedevsky deposit (Southern Urals). *Lithosphere (Russia)*, (3), 99-109. (In Russ.)
- Kholodnov V.V., Shagalov E.S., Borodina N.S. (2011) Composition of ilmenite and magnetite in rhythmically layered amphibole gabbro and anorthosites of the Medvedevskoe deposit (Middle Riphean, South Urals). *Tr. IGG URO RAN*, vyp. 158, 182-186. (In Russ.)
- Kholodnov V.V., Shagalov E.S., Nosova A.A. (2014) Rare metal deposit Sibirka: new data on age stages and formation conditions. *Geology, useful minerals and problems of geocology of Bashkortostan, the Urals and adjacent territories. Proceedings of the X Interregional scientific-practical conference*. Ufa, DesignPress Publ., 202-204. (In Russ.)
- Kholodnov V.V., Fershtater G.B., Ronkin Yu.L., Borodina N.S., Pribavkin S.V., Lepikhina O.P. (2010) Sm-Nd, Rb-Sr age of gabbroids, granitoids and titanomagnetite ores from layered intrusions of the Kusinsko-Kopan complex (Southern Urals). *Dokl. AN*, **432**(5), 650-654. (In Russ.)
- Kholodnov V.V., Fershtater G.B., Shagalov E.S., Shardakova G.Yu. (2016a) Riphean magmatism of the BMA preceding the opening of the Ural paleocean, as a reflection of the geodynamics of rifting processes. *Ural Mineralogical School – 2016. Proceedings of the XXII All-Russian Scientific Conference*. Ekaterinburg, Alpha Print Publ., 128-133. (In Russ.)
- Kholodnov V.V., Fershtater G.B., Shagalov E.S., Shardakova G.Yu. (2017) Riphean magmatism and ore formation preceding the opening of the Ural paleocean (western slope of the Southern Urals). *Lithosphere (Russia)*, **17**(2), 5-26. (In Russ.)
- Kholodnov V.V., Shagalov E.S., Bocharnikova T.D., Konvalova E.V. (2015) Composition and conditions of formation of titanomagnetite-ilmenite mineralization in two-pyroxene gabbro of the Medvedevskoye deposit (Southern Urals). I. Petrochemical and geochemical characteristics of rocks and ores. *Lithosphere (Russia)*, (6), 69-82. (In Russ.)
- Kholodnov V.V., Shagalov E.S., Bocharnikova T.D., Konvalova E.V. (2016b) Composition and conditions of formation of titanomagnetite-ilmenite mineralization in two-pyroxene gabbro of the Medvedevskoye deposit (Southern Urals). II. Stages of ore formation as a result of the evolution of ore-bearing melt. *Lithosphere (Russia)*, (2), 48-69. (In Russ.)
- Khotylev A.O. (2016) New data on the geochemical features of trachybasalts of the Navysh (Ai) volcanic complex of the Riphean (Southern Urals). *Geology, geoecology and resource potential of the Urals and adjacent territories. Proceedings of the IV All-Russian youth geological conference*. Saint Petersburg, Svoe izdatelstvo Publ., 56-61. (In Russ.)
- Khotylev A.O. (2018) Mesoproterozoic basic magmatism of the Bashkir meganticlinorium: patterns and characteristics. *Geology, geoecology and resource potential of the Urals and adjacent territories. Proceedings of the VI All-Russian youth geological conference*. Saint Petersburg, Svoe izdatelstvo Publ., 24-29. (In Russ.)
- Khotylev A.O., Tevelev A.I.V. (2014) New data on the structure and composition of the Riphean Ai volcanic complex (Southern Urals). *Geology, geoecology and resource potential of the Urals and adjacent territories. Proceedings of the II All-Russian youth geological conference*. Ufa, DesignPoligrafService Publ., 147-155. (In Russ.)
- Khotylev A.O., Tevelev A.I.V. (2017) Geochemical features of volcanics of the Early Riphean Navysh complex (Southern Urals). *Vestn. Mosk. un-ta. Ser. 4: Geologiya*, (6), 22-34. (In Russ.)
- Khotylev A.O., Tevelev A.V., Bychkova Ya.V., Latyshev A.V., Anosova M.B. (2020) Mesoproterozoic basic magmatism of the Bashkir megaanticlinorium (Southern Urals): age constraints, petrological and geochemical features. *Geodinamika i tektonofizika*, **11**(2), 219-243. (In Russ.)
- Knyazev Yu.G., Knyazeva O.Yu., Snachev V.I., Zhdanov A.V., Karimov T.R., Aidarov E.M., Masagutov R. Kh., Arslanova E.R. (2013) State geological map of the Russian Federation. Scale 1:1.000.000 (third generation). Ural series. Sheet N-40 – Ufa. Explanatory note. Saint Petersburg, VSEGEI, 512 p. (In Russ.)
- Kovalev S.G. (2010) Shatak volcano-plutonic complex – a unique object for understanding the early-middle Riphean history of the Southern Urals. *Geology, mineral resources and problems of geocology of Bashkortostan, the Urals and adjacent territories. Proceedings of the VIII Interregional scientific-practical conference*. Ufa, DesignPoligrafService Publ., 55-57. (In Russ.)
- Kovalev S.G. (2011) New data on the geochemistry of diabase-picrite magmatism of the western slope of the Southern Urals and conditions of its formation. *Lithosphere (Russia)*, (2), 68-83. (In Russ.)
- Kovalev S.G. (2014) Ore-generating potential of Mesoproterozoic magmatism and geodynamic settings of its manifestation (on the example of the western slope of the Southern Urals). *Metallogeny of ancient and modern oceans – 2014. Proceedings of the XX scientific youth school*. Miass, IMin UrO RAN, 12-16. (In Russ.)
- Kovalev S.G., Kovalev S.S. (2012a) Gold-silver mineralization in carbon-bearing rocks of the Bashkir megaanticlinorium, South Urals. *Tr. Fersmanovskoi nauch. sessii GI KNTS RAN*, vyp. 9, 263-266. (In Russ.)
- Kovalev S.G., Kovalev S.S. (2012b) Intrusive magmatism of the western slope of the Southern Urals as a source of noble metal specialization of terrigenous rocks. *Geology, mineral resources and problems of geocology of Bashkortostan, the Urals and adjacent territories. Proceedings of the IX Interregional scientific and practical conference*. Ufa, DesignPress Publ., 84-86. (In Russ.)
- Kovalev S.G., Kovalev S.S. (2014a) Geochemical specialization of the Shatak and Kusinsko-Kopansky igneous complexes (Bashkir megaanticlinorium). *Geol. sb. no. 11*. Ufa, DesignPress Publ., 176-188. (In Russ.)
- Kovalev S.G., Kovalev S.S. (2014b) Mineralogy, geochemistry and genesis of picrite and picrodolerite complex-

- es of the western slope of the Southern Urals. *Geology, mineral resources and problems of geoecology of Bashkortostan, the Urals and adjacent territories. Proceedings of the X Interregional scientific and practical conference*. Ufa, DesignPress Publ., 142-144. (In Russ.)
- Kovalev S.G., Kovalev S.S. (2020) Mineral-forming processes in volcanogenic-sedimentary rocks of the Shatak complex (Southern Urals). *Geol. vestn.*, (3), 27-46. (In Russ.)
- Kovalev S.G., Kovalev S.S. (2021) On the issue of melt differentiation in the intermediate chamber (on the example of differentiated intrusions of the western slope of the Southern Urals). *Georesursy*, **23**(4), 80-95. (In Russ.)
- Kovalev S.G., Pindyurina E.O. (2010) New data on the petrography and geochemistry of differentiated intrusion from the base of the Mashak suite. *Geology, mineral resources and problems of geoecology of Bashkortostan, the Urals and adjacent territories. Proceedings of the VIII Interregional Scientific and Practical Conference*. Ufa, DesignPress Publ., 48-51. (In Russ.)
- Kovalev S.G., Kovalev S.S., Puchkov V.N. (2022) Intermetallics Cu-Sn, Cu-Zn-Ni, Cu-Sn-Ti in igneous rocks of the Shatak complex (western slope of the Southern Urals). *Geol. vestn.*, (3), 3-15. (In Russ.)
- Kovalev S.G., Kovalev S.S., Vysotsky S.I. (2018b) Noble metal geochemical specialization of Mesoproterozoic igneous complexes of the Bashkir megaanticlinorium and the eastern margin of the East European Platform. *Lithosphere (Russia)*, **18**(2), 295-313. (In Russ.)
- Kovalev S.G., Kovalev S.S., Vysotsky S.I. (2018r) Newly formed mineral associations of the Bashkir meganticlinorium: species diversity and genetic reconstructions. *Geology, mineral resources and problems of geoecology of Bashkortostan, the Urals and adjacent territories. Proceedings of the XII Interregional scientific and practical conference*. Saint Petersburg, Svoe izdatelstvo Publ., 263-273. (In Russ.)
- Kovalev S.G., Vysotsky S.I., Kovalev S.S. (2015) Petrogeochemistry of igneous complexes of the western slope of the Southern Urals and the east of the East European Platform. *Geol. sb. no. 12*. Saint Petersburg, Svoe izdatelstvo Publ., 117-137. (In Russ.)
- Kovalev S.G., Vysotsky S.I., Kovalev S.S. (2018a) Isotope-geochemical (Rb-Sr, Sm-Nd) study of igneous rocks of the Shatak complex (Bashkir mega-anticlinorium). *Geology, mineral resources and problems of geoecology of Bashkortostan, the Urals and adjacent territories. Proceedings of the XII Interregional Scientific and Practical Conference*. Saint Petersburg, Svoe izdatelstvo Publ., 256-262. (In Russ.)
- Kovalev S.G., Vysotsky S.I., Kovalev S.S. (2018b) Model of formation of igneous rocks of the Shatak complex. *Geol. vestn.*, (2), 3-13. (In Russ.)
- Kovalev S.G., Vysotsky S.I., Kovalev S.S. (2019) "Ancient" zircons in igneous rocks of the Shatak complex (Southern Urals): morphology and genesis. *Geol. vestn.*, (1), 45-54. (In Russ.)
- Kovalev S.G., Kovalev S.S., Pindyurina E.O., Kotlyarov V.A. (2014) Sulfide mineralization of picrite and picrodolerite complexes of the Southern Urals. *Zap. RMO*, **143**(5), 74-84. (In Russ.)
- Kovalev S.G., Kovalev S.S., Vysotsky S.I., Vysotsky I.V., Timofeeva E.A. (2017a) Isotopic composition of carbon and oxygen in terrigenous deposits of the Bashkir mega-anticlinorium. *Geol. sb. no. 14*. Saint Petersburg, Svoe izdatelstvo Publ., 65-77. (In Russ.)
- Kovalev S.G., Puchkov V.N., Kovalev S.S., Vysotsky S.I. (2020b) First data on baddeleyite-zircon mineralization in differentiated intrusions of the Bashkir megaanticlinorium. *Zap. RMO*, **149**(4), 135-144. (In Russ.)
- Kovalev S.G., Puchkov V.N., Vysotsky S.I., Kovalev S.S. (2016) First data on the content and distribution of noble metals in the Riphean igneous complexes of the Bashkir megaanticlinorium and the eastern margin of the East European platform. *Dokl. AN*, **471**(4), 459-464. (In Russ.)
- Kovalev S.G., Puchkov V.N., Vysotsky S.I., Kovalev S.S. (2017b) Conditions of formation of igneous rocks during the plume process (on the example of the western slope of the Southern Urals). *Dokl. AN*, **475**(2), 171-175. (In Russ.)
- Kovalev S.G., Puchkov V.N., Vysotsky S.I., Kovalev S.S. (2018d) Finds of "ancient" zircons in igneous rocks of the Shatak complex (Southern Urals) and their petrogenetic consequences. *Dokl. AN*, **482**(5), 553-557. (In Russ.)
- Kovalev S.G., Vysotsky I.V., Puchkov V.N., Maslov A.V., Gareev E.Z. (2013) Geochemical specialization of structural-material complexes of the Bashkir meganticlinorium. Ufa, DesignPress Publ., 268 p. (In Russ.)
- Kovalev S.S., Kovalev S.G. (2017) P-T parameters of metamorphism of carbonaceous shales of the Bashkir meganticlinorium. *Geologiya. Izv. Otdeleniya nauk o Zemle i prirodnykh resursov AN RB*, (24), 47-55. (In Russ.)
- Krasnobaev A.A., Popov V.S., Belyatsky B.V. (2011a) Chronological and genetic relationships of intrusive rocks of the Berdyaush pluton (Southern Urals) in light of new U-Pb and Sm-Nd isotope data. *Zap. RMO*, **140**(2), 59-73. (In Russ.)
- Krasnobaev A.A., Popov V.S., Belyatsky B.V. (2011b) Zirconology of nepheline syenites of the Berdyaush massif (Southern Urals). *Dokl. AN*, **436**(3), 377-380. (In Russ.)
- Krasnobaev A.A., Puchkov V.N., Sergeeva N.D. (2018) Polychronous zirconology of the Navysh volcanics of the Ai Formation (Southern Urals). *Dokl. AN*, **478**(1), 74-80. (In Russ.)
- Krasnobaev A.A., Kozlov V.I., Puchkov V.N., Busharina S.V., Sergeeva N.D., Paderin I.P. (2013a) Zircon geochronology of the Mashak volcanics and the problem of the age of the Lower–Middle Riphean boundary (Southern Urals). *Stratigrafiya. Geol. korrelyatsiya*, **21**(5), 3-20. (In Russ.)
- Krasnobaev A.A., Kozlov V.I., Puchkov V.N., Sergeeva N.D., Busharina S.V. (2012) New data on zircon geochronology of the Arsha volcanics (Southern Urals). *Lithosphere (Russia)*, (4), 127-139. (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.)
- Krasnobaev A.A., Puchkov V.N., Sergeeva N.D., Busharina S.V. (2019) Sources of zircons in clastic rocks of the Riphean strata of the Urals. *Dokl. AN*, **488**(4), 413-419. (In Russ.)
- Krasnobaev A.A., Puchkov V.N., Sergeeva N.D., Busharina S.V. (2020) Polychronous zircons from volcanic rocks of the Navysh complex of the Lower Riphean Ai Formation (Southern Urals). *Georesursy*, **22**(4), 101-112. (In Russ.)

- Krasnobaev A.A., Puchkov V.N., Sergeeva N.D., Shokalsky S.P., Busharina S.V. (2017) Polychronic zirconology of syenites of the Avashly intrusion in the Kurgas anticline (Southern Urals). *Dokl. AN*, **473**(2), 195-200. (In Russ.)
- Kulikova M.A., Kharcheva A.S., Khotylev A.O. (2019) Petrotype of the Kurgas complex of the Middle Riphean (western slope of the Southern Urals): geological, petrological and geochemical features on the example of the Main Bakal dike. *Geology, geocology and resource potential of the Urals and adjacent territories. Proceedings of the VII All-Russian Youth Geological Conference*. Ufa, RN-BashNIPIneft Publ., 12-16. (In Russ.)
- Kuznetsov N.B., Belousova E.A., Romanyuk T.V., Degtyarev K.E., Maslov A.V., Gorozhanin V.M., Gorozhanina E.N., Pyzhova E.S. (2017) First results of U–Pb dating of detrital zircons from Middle Riphean sandstones of the Zigalga Formation (Southern Urals). *Dokl. AN*, **475**(6), 659-664. (In Russ.)
- Kuznetsov N.B., Gorozhanin V.M., Gorozhanina E.N., Romanyuk T.V., Belousova E.A., Sysoeva A.O., Dubensky A.S., Sheshukov V.S., Lyapunov S.M. (2022) The nature of the distribution of U–Pb isotope age of detrital zircon grains from clastic rocks of the Bakeevo Formation (lower element of the composite section of the Asha Series) of the Bashkir Uplift (Southern Urals). *Tectonics and Geodynamics of the Earth's Crust and Mantle: Fundamental Problems – 2022. Proceedings of the LIII Tectonic meetings*. Moscow, GEOS Publ., 244-249. (In Russ.)
- Kuznetsov N.B., Gorozhanin V.M., Gorozhanina E.N., Romanyuk T.V., Belousova E.A., Sysoeva A.O., Dubensky A.S., Sheshukov V.S., Lyapunov S.M. (2021) U–Pb age of detrital zircon grains from clastic rocks of the Bakeevo Formation (lower stratigraphic element of the combined section of the Asha Series) of the Bashkir Uplift (Southern Urals). *Geodynamic evolution of the lithosphere of the Central Asian mobile belt from the ocean to the continent. Proceedings of the meeting*. Irkutsk, IZK SB RAN, (19), 130-133. (In Russ.)
- Kuznetsov N.B., Maslov A.V., Belousova E.A., Romanyuk T.V., Krupenin M.T., Gorozhanin V.M., Gorozhanina E.N., Seregina E.S., Tselmovich V.A. (2013) First results of U–Pb LA-ICP-MS isotope dating of detrital zircons from the basal levels of the Riphean stratotype. *Dokl. AN*, **451**(3), 308-313. (In Russ.)
- Kuznetsov N.B., Romanyuk T.V. (2022) Arumberia Bankisi and the “Asha” distribution of zircon ages in sandstones of the “Biryani suite” of the Zilmerdak suite of the combined type section of the Upper Riphean of the Bashkir uplift – indications of the late Vendian age of the “Biryani suite” and its belonging to the Asha series. *Geodynamic evolution of the lithosphere of the Central Asian mobile belt (from the ocean to the continent). Proceedings of the meeting*. Irkutsk, IZK SB RAN, (20), 155-157. (In Russ.)
- Latyshev A.V., Anosova M.B., Khotylev A.O. (2019) Paleomagnetism of intrusive bodies of the Early-Middle Riphean boundary of the Bashkir Meganticlinorium (Southern Urals): significance for paleotectonic reconstructions of the East European Platform. *Geol. vestn.*, (1), 113-132. (In Russ.)
- Maslov A.V., Erokhin Yu.V., Gerdes A., Ronkin Yu.L., Ivanov K.S. (2018) First results of U–Pb LA-ICP-MS isotope dating of detrital zircons from arkosic sandstones of the Biryani subformation of the Zilmerdak Formation of the Upper Riphean (Southern Urals). *Dokl. AN*, **482**(5), 558-561. (In Russ.)
- Nosova A.A., Sazonova L.V., Gorozhanin V.M., Kuzmenkova O.F., Dubinina E.O. (2010) Mesoproterozoic olivine gabbro-norites of the Bashkir anticlinorium, South Urals: parental melts and features of magma evolution. *Petrologiya*, **18**(1), 53-87. (In Russ.)
- Nosova A.A., Sazonova L.V., Kargin A.V., Larionova Yu.O., Gorozhanin V.M., Kovalev S.G. (2012) Mesoproterozoic intraplate igneous province of the Western Urals: main petrogenetic rock types and their origin. *Petrologiya*, **20**(4), 392-428. (In Russ.)
- Puchkov V.N., Sergeeva N.D., Krasnobaev A.A. (2017) Stratigraphic scheme of the Riphean stratotype of the Southern Urals. *Geologiya. Izv. Otdeleniya nauk o Zemle i prirodnym resursom AN RB*, (23), 3-26. (In Russ.)
- Puchkov V.N., Bogdanova S.V., Ernst R.E., Kozlov V.I., Krasnobaev A.A., Söderlund U., Wingate M.T.D., Postnikov A.V., Sergeeva N.D. (2013) The ca. 1380 Ma Mashak igneous event of the Southern Urals. *Lithos*, **174**, 109-124.
- Puchkov V.N., Krasnobaev A.A., Sergeeva N.D., Busharina S.V., Rodionov N.V., Bayanova T.B. (2014) Archean metabasites at the base of the Riphean Bashkir meganticlinorium (Southern Urals). *Dokl. AN*, **457**(1), 85-91. (In Russ.)
- Puchkov V.N., Krasnobaev A.A., Sergeeva N.D., Busharina S.V., Shokalsky S.P. (2017a) Zircons, age and geological position of rhyodacite porphyries of the Bagrushinsky complex (Southern Urals). *Dokl. AN*, **477**(1), 75-80. (In Russ.)
- Riphean stratotype. Stratigraphy. Geochronology (1983) (Ed. by B.M. Keller, N.M. Chumakov). Moscow, Nauka Publ., 184 p. (In Russ.)
- Romanyuk T.V., Kuznetsov N.B., Belousova E.A., Gorozhanin V.M., Gorozhanina E.N. (2018a) Isotope-geochemical characteristics of primary sources of sedimentary material of the basal levels of the Riphean Kama-Belsk aulacogen based on the results of studying detrital zircons from the Ai suite of the Bashkir uplift (Southern Urals). *Sedimentary geology of the Urals and adjacent regions: today and tomorrow. Proceedings of the 12th Ural lithological meeting*. Ekaterinburg, IGG UrO RAN, 280-282. (In Russ.)
- Romanyuk T.V., Kuznetsov N.B., Belousova E.A., Gorozhanin V.M., Gorozhanina E.N. (2018b) Paleotectonic and paleogeographic environments of accumulation of the Lower Riphean Ai Formation Bashkir uplift (Southern Urals) based on the study of detrital zircons using the TerraneChron® method. *Geodinamika i tektonofizika*, **9**(1), 1-37. (In Russ.)
- Romanyuk T.V., Kuznetsov N.B., Belousova E.A., Maslov A.V., Gorozhanin V.M., Gorozhanina E.N. (2019a) Constraints on the position of a large igneous province in Columbia based on U/Pb dating of detrital zircons from the Lower Riphean Bakal and Middle Riphean Zigalga formations (Bashkir uplift, Southern Urals). *Problems of tectonics of continents and oceans. Proceedings of the LI Tectonic Conference*, vyp. 2. Moscow, GEOS Publ., 194-199. (In Russ.)
- Romanyuk T.V., Kuznetsov N.B., Gorozhanin V.M., Gorozhanina E.N., Belousova E.A., Pyzhova E.S. (2016) First results of geochronological and isotope-geochem-

- ical study of detrital zircons from the Zigalginskaya and Bakalskaya formations of the typical Riphean section in the Bashkir uplift. *Sedimentary complexes of the Urals and adjacent regions and their minerageny. Proceedings of the XI Ural lithological meeting*. Ekaterinburg, IGG UrO RAN, 220-223. (In Russ.)
- Romanyuk T.V., Kuznetsov N.B., Maslov A.V., Belousova E.A., Krupenin M.T., Ronkin Yu.L., Gorozhanin V.M., Gorozhanina E.N. (2014) Geochemical and Lu/Hf-isotope (LA-ICP-MS) systematics of detrital zircons from sandstones of the basal levels of the Riphean stratotype. *Dokl. AN*, **459**(3), 340-344. (In Russ.)
- Romanyuk T.V., Kuznetsov N.B., Maslov A.V., Belousova E.A., Ronkin Yu.L., Gorozhanin V.M., Gorozhanina E.N. (2013a) Geochemical and (LA-ICP-MS) Lu/Hf systematics of detrital zircons from the Lemezina sandstones of the Upper Riphean of the Southern Urals. *Dokl. AN*, **453**(6), 657-661. (In Russ.)
- Romanyuk T.V., Kuznetsov N.B., Puchkov V.N., Sergeeva N.D., Paverman V.I., Gorozhanin V.M., Gorozhanina E.N. (2020) Age and stratigraphic position of sedimentary strata of the Bagrushin Mountains, Southern Urals: first results of U-Pb dating (LA-ICP-MS) of detrital zircon. *Dokl. RAN. Nauki o Zemle*, **493**(2), 29-35. (In Russ.)
- Romanyuk T.V., Kuznetsov N.B., Puchkov V.N., Sergeeva N.D., Paverman V.I., Gorozhanin V.M., Gorozhanina E.N. (2019b) Clarification of the age and stratigraphic position of sedimentary formations of the Bagrushin Mountains (Southern Urals) based on the results of U/Pb dating (LA-ICP-MS) of detrital zircons. *Problems of tectonics of continents and oceans. Proceedings of LI Tectonic Conference*, vyp. 2. Moscow, GEOS Publ., 188-194. (In Russ.)
- Romanyuk T.V., Kuznetsov N.B., Puchkov V.N., Sergeeva N.D., Paverman V.I., Gorozhanin V.M., Gorozhanina E.N. (2018b) Local source of detrital material for the Ai Formation (base of the Lower Riphean stratotype section, Bashkir uplift, Southern Urals) based on the results of U/Pb dating (LA-ICP-MS) of detrital zircons. *Sedimentary geology of the Urals and adjacent regions: today and tomorrow. Proceedings of the 12th Ural lithological meeting*. Ekaterinburg, IGG UrO RAN, 283-286. (In Russ.)
- Romanyuk T.V., Kuznetsov N.B., Puchkov V.N., Sergeeva N.D., Paverman V.I., Gorozhanin V.M., Gorozhanina E.N. (2019c) Local source of detrital material for the rocks of the Ai Formation (base of the Lower Riphean stratotype section, Bashkir uplift, Southern Urals) based on the results of U/Pb dating (LA-ICP-MS) of detrital zircons. *Dokl. AN*, **484**(1), 77-82. (In Russ.)
- Romanyuk T.V., Kuznetsov N.B., Puchkov V.N., Sergeeva N.D., Paverman V.I., Gorozhanin V.M., Gorozhanina E.N. (2018r) U/Pb dating (LA-ICP-MS) of detrital zircons from the base of the Lower Riphean stratotype section (Bashkir Uplift, South Urals): a local source of detrital material for the rocks of the Ai Formation. *Geodynamic evolution of the lithosphere of the Central Asian mobile belt (from ocean to continent). Proceedings of the meeting*, vyp. 16. Irkutsk, IZK SB RAN, 217-219. (In Russ.)
- Romanyuk T.V., Maslov A.V., Kuznetsov N.B., Belousova E.A., Ronkin Yu.L., Krupenin M.T., Gorozhanin V.M., Gorozhanina E.N., Seregina E.S. (2013c) First results of U/Pb LA-ICP-MS dating of detrital zircons from Upper Riphean sandstones of the Bashkir anticlinorium (Southern Urals). *Dokl. AN*, **452**(6), 642-645. (In Russ.)
- Ronkin Yu.L., Tikhomirova M., Maslov A.V. (2016a) ≈ 1380 Ma LIP of the Southern Urals: precision U-Pb-ID-TIMS constraints. *Dokl. AN*, **468**(6), 674-679. (In Russ.)
- Ronkin Yu.L., Tikhomirova M., Maslov A.V. (2016b) ≈ 1380 Ma LIP of the Southern Urals: precision U-Pb ID-TIMS constraints on zircon from rapakivi granites. *Tr. IGG URO RAN*, vyp. 163, 173-177. (In Russ.)
- Rykus M.V., Snachev V.I., Bazhin E.A. (2011) Anorogenic granites of the western slope of the Southern Urals: composition, petrogenesis, minerageny. *Neftegazovoe delo*, (5), 282-304. (In Russ.)
- Ryazantsev A.V., Razumovsky A.A., Golionko B.G., Kanygina N.A., Skoblenko A.V., Georgievskiy A.A., Dubenskiy A.S., Erofeeva K.G., Sheshukov V.S. (2023) Complexes of the active late Precambrian-Cambrian continental margin in the Southern Urals and in Mugodzhary. *Tectonics and geodynamics of the earth's crust and mantle: fundamental problems – 2023. Proceedings of the LIV Tectonic Conference*. Moscow, GEOS Publ., 159-163. (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.)
- Sazonova L.V., Nosova A.A., Larionova Yu.O., Kargin A.V., Kovalev S.G. (2011) Mesoproterozoic picrites of the eastern margin of the East European Platform and the Bashkir meganticlinorium: petrogenesis and compositional features of olivine and clinopyroxene. *Lithosphere (Russia)*, (3), 64-83. (In Russ.)
- Sergeeva N.D., Krasnobaev A.A., Puchkov V.N. (2020) Rare earth elements in polychronous zircons from metabasalts of the Arshinskaya series of the terminal Riphean (Southern Urals). *Problems of mineralogy, petrography and metallogeny. Proceedings of the Scientific readings in memory of P.N. Chirvinsky*, vyp. 23. Perm, PGU, 288-295. (In Russ.)
- Snachev V.I., Bazhin E.A. (2016) Berdyaushsky massif of rapakivi granites: new data on the geological structure and geodynamic development (Southern Urals). *Dokl. AN*, **466**(1), 59-63. (In Russ.)
- Tevelev A.I., Kosheleva I.A., Khotylev A.O., Tevelev Ark.V., Prudnikov I.A. (2014) Features of the structure and evolution of the Ai volcanic Riphean complex (Southern Urals). *Vestn. Mosk. un-ta. Ser. 4: Geologiya*, (5), 19-28. (In Russ.)
- Tevelev A.I., Moseychuk V.M., Tevelev Ark.V., Shkursky B.B. (2017) Distribution of zircon age values in metamorphic rocks of the Taratash block of the Southern Urals (initial provenance signal). *Vestn. Mosk. un-ta. Ser. 4: Geologiya*, (4), 15-19. (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. *Stratigrafiya. Geol. korrelyatsiya*, **23**(6), 16-27. (In Russ.)
- Shagalov E.S., Kholodnov V.V. (2011) PT-conditions of formation of gabbroids of the Medvedev massif of the Kusinsk-Kopansky intrusive complex. *Minerals: struc-*

- ture, properties, research methods. *Proceedings of the All-Russian youth scientific conference*, vyp. 3. Ekaterinburg, IGG UrO RAN, 331-333. (In Russ.)
- Shagalov E.S., Kholodnov V.V. (2014) Chrome spinels in high-magnesian essentially amphibole rocks (hornblendites?) of the Medvedevskoe deposit (Kusinsko-Kopanskaya intrusion, South Urals). *Ural mineralogical school. Proceedings of the All-Russian scientific conference*, vyp. 20. Ekaterinburg, IGG UrO RAN, 274-279. (In Russ.)
- Shagalov E.S., Kholodnov V.V., Bocharnikova T.D. (2019) Magmatic hornblende in gabbro-norites of the Kusa intrusion. *Ural mineralogical school. Proceedings of the All-Russian scientific conference*, vyp. 25. Ekaterinburg, IGG UrO RAN, 203-205. (In Russ.)
- Shagalov E.S., Sustavov S.G., Kholodnov V.V. (2017) High-chlorine and sulfate associations of minerals in rocks of the Kusinsk-Kopansky complex. *Ural mineralogical school – 2017. Proceedings of the All-Russian scientific conference*, vyp. 23. Ekaterinburg, IGG UrO RAN, 233-237. (In Russ.)
- Shagalov E.S., Kholodnov V.V., Bocharnikova T.D., Sustavov S.G. (2020) Amphiboles and micas in gabbroids of the Middle Riphean Kusa layered intrusion (Southern Urals, Russia). *Proceedings of the XII International School on Earth Sciences named after Professor L.L. Perchuk (ISES-2020)*. Petropavlovsk-Kamchatsky, IVIS DVO RAN, 60. (In Russ.)
- Shagalov E.S., Kholodnov V.V., Nosova A.A., Soloshenko N.G., Streletskaya M.V., Kiseleva D.V., Gorozhanin V.M. (2014) On the age of host rocks of the Sibirka rare metal deposit: Sm-Nd and U-Pb (zircon) isotope data. *Tr. IGG UrO RAN*, vyp. 161, 362-366. (In Russ.)
- Shardakova G.Yu. (2013) U-Pb ages of zircons from intrusive rocks of the Bashkir megaanticlinorium – evidence of pulses of endogenous activity on the eastern margin of the East European Craton. *Tr. IGG UrO RAN*, vyp. 160, 303-308. (In Russ.)
- Shardakova G.Yu. (2016) Geochemical features and isotopic age of granitoids of the Bashkir megaanticlinorium – evidence of endogenous activity pulses in the junction zone of the Ural orogen with the East European platform. *Geokhimiya*, (7), 607-622. (In Russ.)
- Shardakova G.Yu. (2017) Granitoids and basites of different stages of geodynamic evolution of the western slope of the Southern Urals: geochemical and isotopic differences, sources, issues. *Ural mineralogical school. Proceedings of the All-Russian scientific conference*, vyp. 23. Ekaterinburg: IGG UrO RAN, 238-245. (In Russ.)
- Shardakova G.Yu. (2018) Reflection of Grenville events in different isotopic systems of granitoids and metamorphites of the western slope of the Urals. *Tr. IGG UrO RAN*, vyp. 165, 228-232. (In Russ.)
- Shardakova G.Yu., Kholodnov V.V. (2018) Pre-Ordovician magmatism of the western slope of the Urals: geochemical features, substrate heterogeneity, geodynamic settings. *Geology, mineral resources and problems of geocology of Bashkortostan, the Urals and adjacent territories. Proceedings of the XII interregional scientific and practical conference*. Saint Petersburg: Svoe izdatelstvo Publ., 72-81. (In Russ.)
- Shardakova G.Yu., Krupenin M.T. (2014) Basites of the Semibratsky complex (Bashkir megaanticlinorium): comparative geochemical features and possible age position. *Tr. IGG UrO RAN*, vyp. 165, 231-237. (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. Proceedings of the VI All-Russian youth geological conference*. Saint 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 region (Southern Urals). *Geol. vestn.*, (1), 91-100. (In Russ.)
- Vysotsky S.I., Kovalev S.G. (2019) Geochemistry of rare earth elements and noble metals in rocks of the Shatak complex (Southern Urals). *Geol. vestn.*, (2), 58-71. (In Russ.)
- Zaitseva T.S., Kuznetsov A.B., Sergeeva N.D., Adamskaya E.V., Plotkina Yu.V. (2022) U-Th-Pb age of detrital zircon from oolitic limestones of the Uk Formation: traces of Grenville provenance areas in the Late Riphean of the Southern Urals. *Dokl. RAN. Nauki o Zemle*, **503**(2), 90-96. (In Russ.)