

МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ ПОТЕНЦИАЛ РЕДКИХ И РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ УРАЛЬСКОГО СЕВЕРА

В.А. Душин

Уральский государственный горный университет, Екатеринбург, Россия,
e-mail: fgg.gpr@m.ursmu.ru

Аннотация: Впервые на основе созданных геологической, формационной и прогнозно-металлогенических карт, а также разработанных авторских легенд территории показано геологическое строение, геодинамические обстановки формирования, закономерности размещения, ресурсный потенциал редких металлов. Редкометалльные объекты Уральского Севера распространены резко неравномерно, располагаясь преимущественно в пределах и обрамлении жестких довендских блоков палеоконтинентального сектора (Харбейско-Марункеуский и Ляпинский мегаблоки), а также отчасти в отложениях плитного мегакомплекса. Они приурочены к четырем металлогеническим эпохам: дорифейской, рифейско-кембрийской, палеозойской и мезозойско-кайнозойской, специализированных на уран, торий, железо, редкие и цветные металлы, золото, к крупнейшим объектам которых относятся месторождения Тайкеуское, Усть-Мраморное, Лонготьюганское, Турман, Турупьинское, МАН-9 и др. Ресурсный потенциал Уральского Севера ($C+P_1+P_2$) составляет (тыс. т): Ta_2O_5 – 29,1; Nb_2O_5 – 264,28; ΣTR – 243,82. Полученные результаты свидетельствуют о том, что наряду с определенной рудной специализацией металлогенических эпох важными факторами, влияющими на рудоносность территории, являются: локализация в оперяющих структурах глубинных разломов и шовных зонах; связь оруденения с кислым субщелочным магматизмом; геохимическая специализация рудоносных комплексов пород на Nb, Ta, Th, U, Zr, Be, Y; связь с альбитит-грейзеновыми, квальмитовыми и эйситовыми метасоматитами; наличие стратифицированных горизонтов, обогащенных уран-редкометалльно-редкоземельными минералами в среднем-позднем рифее и позднем кембрии в обрамлении специализированных на TR гранитоидных массивов.

Ключевые слова: металлогения, Уральский Север, рудный потенциал, Харбейско-Марункеуский мегаблок, Ляпинский мегаблок, формация, эпоха, шовная зона, месторождения, рудопроявления.

Для цитирования: Душин В. А. Минерально-сырьевой потенциал редких и редкоземельных металлов Уральского Севера // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2022. – № 5. – С. 52–66. DOI: 10.25018/0236_1493_2022_5_0_52.

Mineral resource potential of rare and rare-earth metals in the Polar Urals

V.A. Dushin

Ural State Mining University, Ekaterinburg, Russia,
e-mail: fgg.gpr@m.ursmu.ru

Abstract: For the first time, based on the geological, strata and prognostic metallogenic maps, as well as the authorial areal legends, the article describes geological structure, geodynamic situation, occurrence patterns and resource potential of rare metals. In the Polar Urals, the bodies of rare metals occur nonuniformly, mostly inside and nearby stiff Pre-Vendian Paleo-Continental blocks (Kharbei–Marunkei and Lyapin mega blocks) and, partly, in the strata of the platform mega complex. They are dated to four metallogenic ages: Pre-Riphean, Riphean–Cambrian, Paleozoic and Mesozoic–Cenozoic, with mostly uranium, thorium, iron, rare and nonferrous metals and gold metallization at the largest deposits of Taikey, Ust-Mramor, Longotyogan, Turman, Turiya, MAN-9 etc. The resource potential of the Polar Urals (C+P₁+P₂) totals (thousand tons): Ta₂O₅—29.1, Nb₂O₅—264.28, ΣTR—243.82. The obtained results show that, alongside the certain ore types of the metallogenic ages, the factors which govern the ore content of the territory include: localization in the neighborhood of deep faults and suture zones; connection with sub-alkali acid magmatism, geochemistry mostly represented by Nb, Ta, Th, U, Zr, Be, Y; connection with albitite–greisen, qualmite and acite metasomatic rocks; stratified horizons rich in the Middle and Later Riphean and Later Cambrian uranium–rare metals–rare earths in the neighborhood of mostly TR-containing granitoid massifs.

Key words: metallogeny, Polar Urals, ore potential, Kharbei–Marunkei mega block, Lyapin mega block, formation, age, suture zone, deposits, mineralization.

For citation: Dushin V. A. Mineral resource potential of rare and rare-earth metals in the Polar Urals. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2022;(5):52-66. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236_1493_2022_5_0_52.

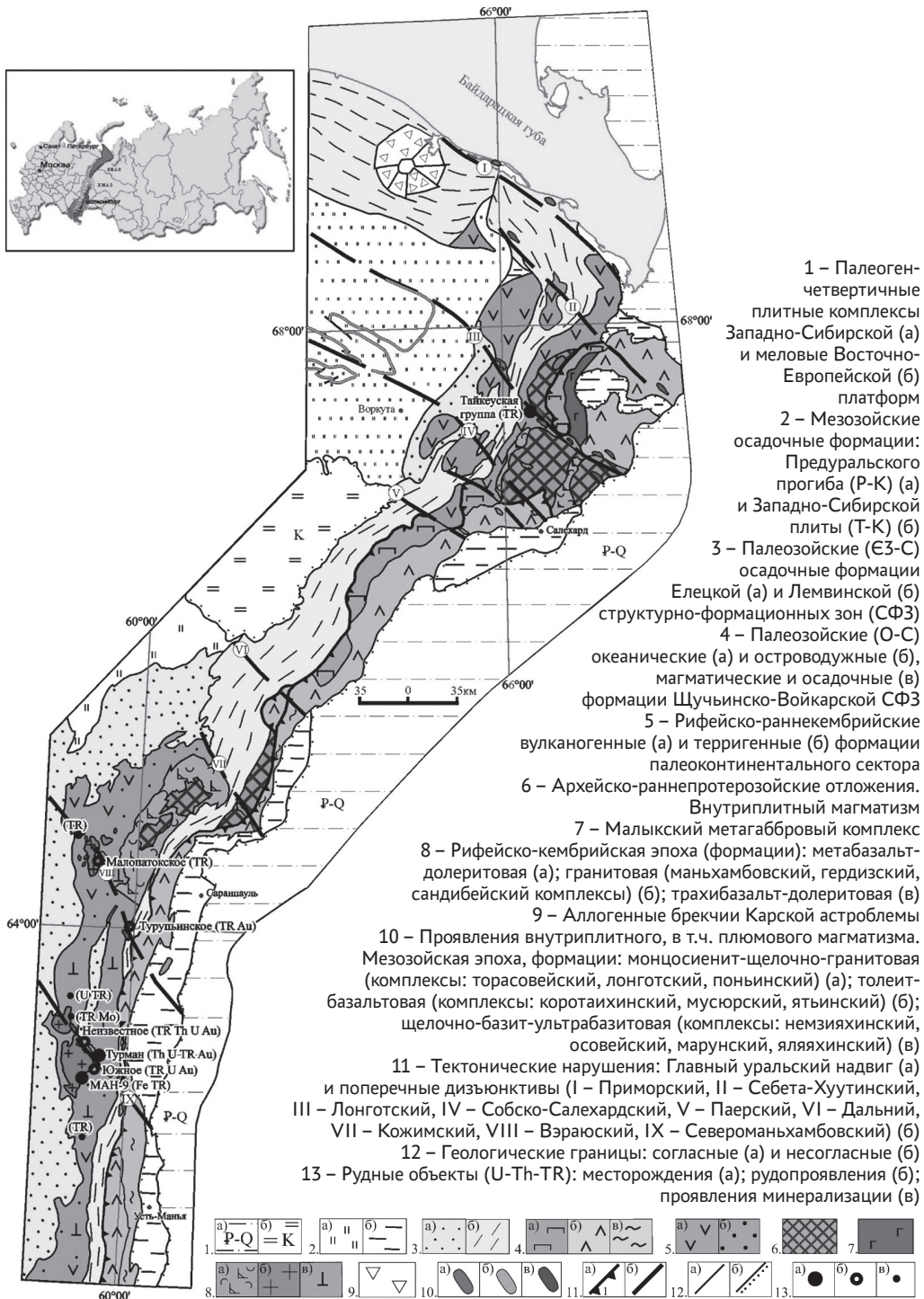
Введение

Значение редких металлов¹ в современном производстве трудно переоценить — это, по существу, важнейшие элементы для создания высокотехнологичных изделий в десятках отраслей промышленности, таких весьма значимых, как атомная энергетика, радиоэлектроника, машиностроение, химическая промышленность и т.п. В этой связи весьма актуальной является постановка проблемы поисков данного высоколиквидного сырья в старейшем горнорудном и машиностроительном регионе России, к каковому по праву относится Урал, имеющий ряд реальных геологических предпосылок и конкретных сырьевых источников.

Цель работы — выяснение геологического строения, закономерностей размещения и ресурсного потенциала редких и редкоземельных металлов в пределах крупнейших на Урале сегментов палеоконтинентального сектора — Ляпинского и Харбейско-Марункеуского мегаблоков. Своеобразие металлогенической специализации последних на редкие и редкоземельные металлы, золото, платиноиды, а также уран, торий, обуславливают значительный интерес горнорудных и машиностроительных отраслей к данной территории.

Методология проведенной работы: обобщение, анализ и синтез материалов многолетних исследований геологии и закономерностей размещения орудуе-

¹ Здесь и далее термин «редкие металлы» выступает как собирательный термин, включающий собственно группу редких металлов: Ta, Nb, Be..., а также редкие земли Sc, Y, La, Lu... и часть рассеянных элементов, что обусловлено практически повсеместным их сонахождением в природе [1, 2].



Структурно-формационная схема Уральского Севера с элементами металлогении
 Structure and geologic formations with constituent elements of metallogeny in the Polar Urals

ния в регионе, включая опытно-методические, тематические и геолого-съёмочные работы (ГДП-200 листов R-42-XXXI, XXXII; Q-42-VII, VIII; P-40-VI, XII; ГМК-200 листов Q-42-I, II) с привлечением обширных литературных источников.

Ведущая проблема, поднимаемая в статье, корреспондируется со «Стратегией развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации до 2035 года» в части «поискового задела» нетрадиционных и новых для отечественной горнодобывающей промышленности дефицитных видов минерального сырья.

Рассматриваемая в статье территория охватывает горную, во многом обнажённую, часть Северного, Приполярного и Полярного Урала от истоков р. Печора на юге до Байдарацкой губы на севере, протягиваясь в северо-восточном направлении более чем на 600 км и административно входя в Ямало-Ненецкий, Ханты-Мансийский автономные округа и, отчасти, в Республику Коми (см. рисунок).

В основу данной публикации положены результаты многолетних (более 40 лет) исследований автора, включающих тематические (1997 – 2010 гг.) и геолого-съёмочные (ГДП-200, ГМК-200 и ГК-200/2 листов R-42-XXXI, XXXII; Q-42-I, II, VII, VIII; P-40-VI, XII – 2000 – 2018 гг.) работы, проводимые в составе Северной научно-исследовательской геологической экспедиции УГГУ, а также литературные источники, касающиеся геологии и рудоносности региона [3 – 6].

Изучением геологии и редкометалльного оруденения Уральского Севера в разные годы занимались многочисленные исследователи, начиная с Т.К. Кожиной, Ф.Р. Апельцина, А.В. Цимбалюка, С.Г. Караченцева, К.А. Высоцкого. Среди них следует отметить Н.П. Юшкина, М.Б. Фишмана, Е.П. Калинина, В.Н. Охотникова, С.С. Щербина (1963 –

1970), А.Я. Ильющенкова, Д.А. Родионова, В.Н. Малашевского (1970), В.С. Митюшеву, Э.Г. Негурицу (1971), Г.И. Севастьянова (1974). Этими же вопросами при геолого-съёмочных и тематических работах занимались О.Н. Грязнов, В.А. Душин (1977 – 1980, 1981 – 1987, 2000 – 2017), А.В. Калиновский, О.В. Удортина (1989 – 1990) и др. [3, 7, 8].

До 80-х годов прошлого столетия геологи, проводившие исследования, рассматривали северную и полярную части Урала с позиций развития прото- и миогеосинклинальных и платформенных областей с соответствующим типом магматизма и оруденения. Последние литературные обобщения [8, 9], в том числе и наши данные, говорят в пользу террейновой мобилистической модели строения Уральской аккреционно-складчатой системы.

Уральский межплитный складчатый пояс (ороген) представляет собой сложный гетерогенный ансамбль структурно-вещественных ассоциаций различных геотектонических режимов и геодинамических обстановок, реализованных в конкретных тектонических элементах. Так, с запада на восток выделяются: палеоконтинентальный, палеоокеанический и плитный секторы. Первый включает аккретированные конструктивно-деструктивные комплексы доуралид (Харбейский, Марункеуский, Маньхамбовский, Няртинский, Неркаюский блоки) и рифтогенно-склоновые формации палеозоя (Елецкая и Лемвинская структурно-формационные зоны), в основании которых установлены фрагменты древней архей-протерозойской (с модельным Sm-Nd возрастом 1,4 – 2,9 млрд лет), большей частью континентальной, коры (Няртинский, Неркаюский и др.). Второй известен в литературе под названием Щучьинско-Тагильской синформы (Тагильская структурно-формационная зона) и включает в себя структурно-веще-

ственные комплексы меланократового основания (Малыкский, Дзеляюский блоки) и островодужно-коллизийные террейны раннего-среднего палеозоя. Последний зафиксирован типичными платформенными осадками Западно-Сибирской плиты, залегающими discordantly, с корой выветривания в основании, на отложениях рифея-палеозоя [3, 10].

Обсуждение результатов

В настоящее время известно более 25 промышленных типов редкометалльных (TR) и редкоземельных (REE), в том числе комплексных полиметалльных (U, Th, TR, МПГ) месторождений, отвечающих эндогенному, экзогенному и метаморфогенному генетическим типам (сериям). Эндогенные месторождения в подавляющем большинстве случаев ассоциируют с субщелочными и щелочными магматическими комплексами пород. Экзогенные редкометалльные объекты формируются при разрушении продуктивных интрузивных массивов вышеуказанных магматических формаций с образованием остаточных кор выветривания, россыпей ближнего сноса (перемытые коры выветривания и коренные породы) или прибрежно-морских россыпей рутил-циркон-ильменитового состава. Собственно редкометалльные объекты на изучаемой территории распространены резко неравномерно, располагаясь, главным образом, в пределах и в обрамлении жестких довендских блоков палеоконтинентального сектора (Харбейский, Марункеуский, Няртинский, Малопатокский и Маньхамбовский блоки), а также отчасти в отложениях плитного мегакомплекса.

Так, в полярной части палеоконтинентального сектора (Харбейский, Марункеуский блоки) известен ряд комплексных месторождений и проявлений, относящихся к формации редкоземель-

но-редкометалльных апогранитовых альбититов. С этой рудной формацией связаны комплексные месторождения Ta, Nb, Zr, редких земель и других металлов (Тайкеуское, Лонготьюганское, Усть-Мраморное; рудопроявления Немурюганское, Крестовое). Месторождения Тайкеуской группы представляются наиболее перспективными для промышленного освоения после некоторой геологической и технологической доработки [3, 11].

Впервые редкометалльные метасоматиты в районе были установлены А.В. Цимбалюком в 1959 г. В 1960–1967 гг. вся группа месторождений разведывалась Тюменским ГУ. На Тайкеуском и Усть-Мраморном месторождениях была выполнена детальная разведка, на Лонготьюганском — поисково-оценочные работы. Запасы редких металлов по месторождениям были утверждены ГКЗ в 1968 г., а в 1970 г. они переведены в разряд забалансовых в связи с нерентабельностью их разработки.

Редкометалльное оруденение связывается в настоящее время с лонготьюганским граносиенит-гранитовым активизационным комплексом ($\gamma\xi P_3-T_1I$). Рудные тела контролируются эндоконтактом граносиенитов и метасоматитами альбититовой формации. Последние относятся к генетической группе квальмитов (кварц-альбит-микроклиновые метасоматиты) [3].

Тайкеуское месторождение расположено в районе горы Лонготьюган-Тайкеу на водоразделе рек Лонготьюган и Крестовая (см. рисунок). Оно локализовано в одноименном массиве граносиенитов, в обрамлении которого развиты метаморфические аповулканогенные зеленые сланцы переменного альбит-хлорит-эпидот-амфиболового состава и плагиоклаз-амфиболовые гнейсы минисейшорской свиты (RF_2mn) няровейской серии. Граносиениты метасоматически

преобразованы в микроклин-альбитовые породы, слагающие внутреннюю часть Тайкеуского массива, и содержат рассеянное редкометалльное оруденение. Рудные тела локализованы в микроклин-овых альбититах, развитых в области эндоконтакта массива, и в слюди-сто-кварцевых альбититах, встречающихся на контактах микроклин-овых альбититов и микроклинитов со сланцами. Рудоносные метасоматиты представлены микроклин-овыми альбититами (80%), микроклин-альбитовыми породами (13%), слюди-сто-кварцевыми альбититами (7%) и картируются преимущественно в эндоконтактовых частях массива гранитоидов инъецированных малыми телами лонготьюганского комплекса [7, 11].

При изучении геохимических закономерностей рудоносных зон метасоматитов [12] выявлены две корреляционно независимые, но совмещенные в пространстве геохимические ассоциации элементов: Nb+U+Th+Zr+Pb+Sn и Be+Li+F+Mo+Zn. По-видимому, первая ассоциация характеризует более ранние Na- и F-Na метасоматиты, а вторая отвечает более поздним кварцево-фтористым метасоматитам и кварцевым гидротермалитам, которые некоторыми исследователями (А.Я. Ильюшенков, С.Г. Караченцев) сопоставляются с грейзенами. Установлен вертикальный ряд геохимической зональности в рудоносных зонах метасоматитов (снизу вверх): Sn—Nb—U, Th, Pb—Zr. Совместное осаждение элементов-индикаторов редкометалльного оруденения могло происходить в гидротермальном потоке на кислых геохимических барьерах, возникающих в результате перехода резкощелочной обстановки к слабощелочной и нейтральной.

На месторождении разведано рудное тело седлообразной формы, протяженностью 800 м. Мощность его в западном крыле 25—40 м, а в восточном — 60—

100 м. Главные рудные минералы — пироксид, фергусонит, колумбит, самарскит; сопутствующие — касситерит, малакон и др. Среднее содержание компонентов в руде (%): Ta₂O₅ — 0,0148; Nb₂O₅ — 0,113; ΣTR₂O₃ — 0,059; Sn — 0,068; Zr — 0,43; F — 1,43. Спектральным анализом установлены повышенные содержания (%): Ti — до 3, Cu — до 0,3, Mo — до 0,03, Pb — до 0,6, Ag — до 10 г/т, а количественными методами в рудоносных альбититах выявлены повышенные содержания (г/т): Au — до 3,44; Pt — до 0,39; Pd — 1,42—5,32. Запасы руды категорий В+С₁+С₂ — 38 554,4 тыс. т. Запасы основных рудных компонентов (тыс. т): Ta₂O₅ — 5,706; Nb₂O₅ — 43,566. В целом по Тайкеускому рудному полю запасы редких элементов характеризуются следующими значениями (тыс. т): Ta₂O₅ — 6,90; Nb₂O₅ — 55,1; TR₂O₃ — 12,2; SnO — 16,7 [3, 11].

Усть-Мраморное месторождение находится в 6 км севернее Тайкеуского, в гранитном массиве лонготьюганского комплекса (γξP₃-T₁l), и представлено субширотной залежью длиной 400 м с четкими внешними границами с вмещающими породами, а внутри тела — между различными метасоматитами. На флангах залежь расщепляется. На западном и южном флангах она срезается тектоническими разрывами. Южный разрыв падает под небольшим углом к северу. Метасоматическая залежь в целом залегает согласно с общей структурой месторождения и наклонена на юго-юго-запад под углом 60° на восточном и 20—30° на западном его фланге. По падению тело выклинивается. В средней части ее наблюдается флексурозобразный изгиб, с которым совмещен субмеридиональный тектонический разрыв, разделяющий залежь на два блока: крутопадающий восточный и пологопадающий западный. Восточный блок протягивается на 120 м к востоку от

нарушения. Ширина рудной залежи на поверхности 40–50 м; мощность в среднем 50 м до глубины 25–80 м. Ниже залежь расщепляется и на глубине 75–160 м выклинивается. Западный блок прослеживается от разлома к западу на 280 м. Ширина рудной залежи на поверхности у разлома 60 м; в 100 м западнее – 160 м; на западном краю – 25 м. В восточной части блока на глубинах 10–30 м залежь расщепляется на несколько тел мощностью от 8 до 20 м. Главные рудные минералы – малакон, фергюсонит, пирохлор, колумбит, ферриторит, касситерит, сфен, ортит. Среднее содержание (%): Ta_2O_5 – 0,02; Nb_2O_5 – 0,16; ΣTR_2O_3 – 0,094–0,106; BeO – 0,007, Li – 0,078. Разведанные запасы составляют (тыс. т): руда – 5585; Ta_2O_5 – 0,9; Nb_2O_5 – 7,3; ΣTR_2O_3 – 4,4; Sn – 4,0 [3, 7, 11].

Лонготьюганское месторождение расположено на правом берегу р. Лонготъеган, в 7 км на юго-запад от ее слияния с р. Немуръеган. Вмещающие породы представлены роговиками альбит-биотит-кварцевого состава с гранатом, амфиболитами, плагиогнейсами и эпидот-амфиболовыми сланцами. Породы метаморфизованы в условиях эпидот-амфиболитовой фации. На месторождении проявлены метасоматиты кварц-альбит-микроклинового и кварц-альбитового состава. Вскрытая мощность кварц-альбитовых пород 2–4 м. Общая мощность метасоматитов до 30 м. В зоне эндоконтакта альбититы подвержены слабой грейзенизацией (фация формации альбититов), выразившейся в развитии мусковита, флюорита, кварца. В целом они аналогичны измененным породам Тайкеуского редкометалльного месторождения. Рудная зона месторождения приурочена к лежащему эндоконтакту массива и состоит в основном из разгнейсованных флюоритизированных и альбитизированных микроклин-перти-

товых гранитов, содержащих тонкую вкрапленность рудных минералов.

Параметры рудной зоны Лонготьюганского месторождения: мощность 10–15 м; протяженность 650 м. По падению зона прослежена на 450–500 м. Простираение ее северо-восточное с падением на юго-восток под углами 30–40°. В рудной зоне выделяется горизонт мощностью 5–7 м, содержащий более высокие концентрации редких элементов, который прослеживается скважинами № 4, 5, 6. Признаков выклинивания рудной зоны с глубиной не отмечается. Содержание в рудах (%): Ta_2O_5 – 0,015; Nb_2O_5 – 0,14; ΣTR_2O_3 – 0,09; ZrO_2 – 0,5; Th – 0,051; Sn – 0,04. Среднее содержание тантало-ниобатов в рудах составляет 0,43%. Из них на фергюсонит приходится 49%, U-пирохлор – 35% и колумбит, самарскит – 16%. К сопутствующим минералам относятся: касситерит, циркон, торит, флюорит, галенит, сфалерит, пирит (<0,2%). Редкие земли содержатся в основном в фергюсоните, пирохлоре и самарските, где преобладает иттриевая группа [3, 7]. Запасы Лонготьюганского месторождения утверждены как забалансовые по категории C_2 и составляют: Ta_2O_5 – 639 т, Nb_2O_5 – 5228,2 т, ΣTR_2O_3 – 3418,5 т. Для открытой разработки подходят 2/3 подсчитанных запасов. Промышленное освоение месторождения в разведанных границах представляется нецелесообразным, но интерес вызывают более глубокие горизонты ниже 300–400 м, где в области лежащего контакта массива могут быть обнаружены мощные зоны рудных альбититов. В связи с этим Лонготьюганское месторождение считается недоразведанным и не подготовленным к освоению [3, 7, 11].

Аналогичные вышеописанным месторождениям Тайкеуской группы, компактно распространенные вблизи последних, являются рудопроявления Немурюган-

ское-I, Крестовое, Бурное, Трудновское. Они также залегают в сланцево-эпидот-амфиболитовых отложениях няровейской серии (RF_2) и контролируются тектоническими нарушениями северо-западного и северо-восточного направлений, залеченных малыми телами граносиенит-гранитовой формации пермотриасового возраста (лонготюганский комплекс). Это минерализованные зоны в кварцитах и альбититах, протяженностью от 50 до 640 м при ширине выходов от 1,5 до 20 м; некоторые из них прослежены до глубины 100 м (Немурюганское-I). Их объединяет общее геологическое положение и рудно-минеральный парагенезис: колумбит, фергусонит, пироклор, циркон, касситерит, малакон, флюорит, иногда гадолинит, танталит, ортит. Содержания полезных компонентов составляют (%): Ta_2O_5 — 0,0186; Nb_2O_5 — 0,1494 (Немурюганское-I); ΣTR_2O_3 — 0,05—0,51; ZrO_2 до 0,523; Sn — 0,01—0,045; Th до 0,051; Pb — 0,03—0,1, Cu до 0,006, Zn — 0,003—0,03; Be до 0,01; Mo до 0,001; Sr до 0,001; As до 0,01 [3].

Кроме объектов, приуроченных к кварцитах и альбититам граносиенит-гранитовой формации, в сланцевом обрамлении Харбейского блока выявлены редкометалльные рудопроявления Орлиное, Трудное, Ярошорское, локализованные в грейзенах по гранитам сядатояхинского комплекса ($V-E_1$). При этом рудопроявление бериллия Орлиное прослежено на 350 м при ширине до 2 м (зона грейзенов до 100 м) и контролируется тектонической зоной по контакту сядатояхинского комплекса. Рудная минерализация представлена бериллом, фенакитом, ферберитом, шеелитом и флюоритом. Содержание (%): ΣTR_2O_3 — 0,0244—0,53; Se — 0,035; La — 0,026; Sn — 0,0093. Трудное и Ярошорское проявления приурочены к дизъюнктивам, также интродуцированным грейзенизированными гранит-

порфирами сядатояхинского комплекса ($V-E_1$), и прослежены по поверхности на 20 — 500 м при ширине выходов от 2 до 60 м. Содержание полезных компонентов (%): BeO до 0,095; ΣTR_2O_3 — 0,042—0,47; U — 0,03; Th — 0,09. Рудные минералы представлены ортитом, апатитом, сфеном, флюоритом, пиритом.

Прогнозные ресурсы по категориям $P_1 - P_2$ по Тайкеускому рудному полю составляют (тыс. т): Ta_2O_5 — 6,8—5,7; Nb_2O_5 — 56,3—46,1; ΣTR — 45,6—40,5 соответственно, а общий ресурсный потенциал (P_{1+2+3}) Харбейско-Марункеуского мегаблока, по разным оценкам, составляет (тыс. т): Ta_2O_5 — 32—60,5; Nb_2O_5 — 336—492,5; ΣTR — 246—405 [3, 8, 9, 11].

Ресурсный потенциал редких металлов на Приполярном Урале менее исследован. Здесь выявлен, в пределах Ляпинского мегаблока, более широкий спектр редкометалльно-редкоземельных объектов различного ранга и в широком возрастном диапазоне. Тем не менее, большинство из них, так же, как и в Харбейско-Марункеуском сегменте, пространственно приурочены к зонам глубинных разломов, проявленных на границах поперечных поднятий, связанных с магматизмом субщелочного кислого состава. Как и на севере, аккремирование дорифейских блоков-террейнов происходило в конце раннего протерозоя, обусловив формирование композитного палеоконтинента [6, 10, 13, 14] с дальнейшим образованием рифейского платформенного чехла, осложненного внутриплитным рифтогенезом, вероятно трансформного типа. Наиболее ранние проявления комплексного редкометалльного оруждения приурочены к формации железистых кварцитов (месторождение МАН-9), проявленных на рубеже раннего-среднего рифея в амфиболит-сланцевой толще объединенной маньхобейинско-шокуринской свиты (см. рисунок). В гематит-

магнетитовых рудах на отдельных участках месторождения содержание суммы редких металлов достигает 0,668%, которые связаны преимущественно с минералами группы эпидота, ортита [14]. Кроме железистых кварцитов в данном стратоне выявлены небольшие редкометалльные аномалии, реализованные в виде Th—Ta—Nb проявлений в пегматитах среди гранитоидов рифейского маньхамбовского комплекса (Патокское проявление).

В тектонизированной конгломерато-песчаниковой пачке основания хобейнской свиты позднего рифея в восточном экзоконтакте Маньхамбовского массива (см. рисунок) расположена группа комплексных полигенно-полихронных ураноторий-редкометалльных, изначально палеороссыпных объектов (Неизвестный, Северный, Турман, Укью и др.), принадлежащих, по-видимому, к типу «несогласия» [10,14]. Их формирование, судя по изотопно-геохронологическим параметрам руд (1100 млн лет, 560 млн лет, 250 млн лет, U-Pb-метод), происходило от времени накопления ураноториевых россыпей в среднем-позднем рифее через рудообразующие этапы в венде-кембрии, ордовике, девоне и раннем мезозое, участвуя в рифтогенно-коллизионных процессах становления региона. Протяженность продуктивной пачки около 60 км, которая трассируется Кулемшорско-Маньхамбовской шовной зоной [10]. На наиболее крупных объектах, таких как Палеодолинный, Неизвестный, Турман, Северный, Южный I, II, Укью, рудоносные зоны прослежены с поверхности до 18 км, а на глубину до 300 м. Выделяется три типа рудных тел: 1 — пластообразный и линзообразный, 2 — рудные прожилки и 3 — сложные по морфологии участки обогащения густо вкрапленных и сплошных руд. Количество рудных тел от одного до трех-четырех при мощности

0,3—15,2 м с максимальной протяженностью до 1600 м. Содержание полезных компонентов составляют (%) Th — 0,05—4,4; U — 0,013—0,52; Th/U — 1—27; Ta₂O₅ — 0,001—0,03; Nb₂O₅ — 0,008—0,4; ZrO₂ — 0,05—0,96 (до 7,95); ΣTR₂O₃ — 0,19—3,95. Отмечается присутствие золота в количестве до 6,6 г/т; серебра до 135 г/т и платиноидов до 13,5 г/т (ICP-MS). Минеральный состав руд насчитывает до 50 минеральных видов. Из ведущих можно отметить: циркон, малакон, торит, ураноторит, ортит, браннерит, отенит, ильменит, рутил, гематит, магнетит; в меньших количествах встречаются: солеит, приорит, эвксинит, монацит, торианит, ксенотим, фергусонит, колумбит, пирит, халькопирит, молибденит, флюорит, иногда золото [14—16]. Прогнозные ресурсы по категориям P₂ составляют (тыс. т): Ta₂O₅ — 1,56; Nb₂O₅ — 27,2; ΣTR — 74,7; ZrO₂ — 87,6.

В вендско-кембрийскую эпоху редкометалльно-редкоземельная минерализация проявлена, как и на Полярном Урале, в связи с уран-молибденовой березитовой рудной формацией (Редка I, Редка II, месторождение Ясное), где содержание редкоземельных элементов достигает (%): ΣTR — 0,03; Zr — 0,05—0,08; Y — 0,01—0,1; Nb — 0,005 (ICP-MS). Кислые вулканы саблегорского и лаптопайского комплексов нередко сопровождаются щелочными метасоматитами (рудопроявления Няртсю I, II, Верхнеталтминское) с шеелитом, черновитом, ортитом, цирконом, монацитом, торитом, фергусонитом, флюоритом при содержании (%): ΣTR — 0,01—0,25; Ta₂O₅ — 0,0014—0,005; Zr — 0,03; Nb₂O₅ до 0,018 [10]. Среднекембрийское корообразование, реализованное в кварцпирофиллитовых сланцах и частично сохранившееся от эрозии в регионе, привело к обогащению в том числе «мусорных» конгломератов алькесвожской толщи (E₃-O₁) ксенотимом, ортитом,

черновитом, монацитом. Сумма редких земель в пунктах минерализации обычно не превышает 0,032%, содержания иттрия иногда достигают 0,05%, Nb — 0,007%, Zr — 0,1%, Ве — 0,002; а на Ураганном и Сводовом рудопоявлениях: Y — 0,04 — 0,12%; Се — 0,1 — 0,2% [17].

Раннепалеозойский гранитный магматизм сальнерского комплекса (ϵ_3 -O) характеризуется широкой гаммой небольших объектов редких металлов в Нянтинском и Маньхамбовском блоках. Это рудопоявления Щугорское, Толья, Западное, Отверженное, Поньзское, Кулемшорское, Пынтиндырма и др. В грейзенизированных и альбитизированных метасоматитах установлены высокие содержания редких металлов (%): Nb_2O_5 — 0,01 — 0,12; Ta_2O_5 — 0,003 — 0,01; Zr — 0,08; Y — 0,05; Се — 0,01; ΣTR_2O_3 — 0,05 при повышенных содержаниях тория, урана, реализованных в ортите, монаците, ксенотиме [10, 16].

В средне-позднепалеозойскую эпоху редкоземельно-редкометаллическая формация представлена мелким Турупьинским месторождением (рудопоявлением) и рядом небольших объектов — Ватлинское, Ятыинское, Хунтынья и др.

Турупьинское месторождение расположено в северо-восточной части Маньхамбовского блока в области влияния Нундерминско-Салатимской шовной зоны среди вулканогенно-осадочных пород верхнего рифея-венда (см. рисунок). Она контролируется малыми телами трахириолитов и микрограносиенитов поньинского комплекса верхнего палеозоя и приурочена к узлу пересечения северо-восточных оперяющих структур с северо-западными нарушениями Неройско-Патокского глубинного разлома. Рудоносная полоса шириной около 600 м простирается в субмеридиональном направлении почти на 6 км. На рудопоявлении выявлено семь пластообразных рудных тел, локализующихся в ядрах

антиклинальных складок высоких порядков, которые сложены интенсивно измененными (формация щелочных метасоматитов и эйситов) метариолитами. С поверхности они трассируются радиоактивными аномалиями интенсивностью 50 — 70 мкр/ч на фоне 15 — 17 мкр/ч. Размеры рудных зон, рудных тел 600 — 1500×22 — 150 м (аномалия 1), 1100 — 1750×22 — 36 м (аномалия 2). Главные рудные минералы: колумбит, бастнезит, ортит, пирохлор, эвксенит; второстепенные: апатит, флюорит, гематит, барит, циркон, лейкоксен, сфалерит, пирит, магнетит, рутил, ильменит, халькопирит, галенит, молибденит, касситерит, самородная медь. Кроме того, в составе рудного тела № 2 установлен бериллий, концентрация которого достигает 0,079%. Минералогически он представлен гентгельвином, фенакитом и эвклазом [14, 18]. Содержания полезных компонентов составляют (%): Nb_2O_5 — 0,072 — 0,1; Ta_2O_5 — 0,011 — 0,06; Pd до 100 г/т; Th — 0,007 — 0,06; Zr — 0,12 — 0,4; Hf — 0,01; ΣTR_2O_3 — 0,05 — 0,06; U — 0,005 — 0,015; Ag — 40 г/т; Au — 0,5 г/т; TiO_2 — 0,77 [14, 18 — 20]. Кроме того, имеются сведения о наличии в рудах оксида вольфрама. Авторские [20] прогнозные ресурсы данного объекта по категории P_2 составляют (тыс. т): Ta_2O_5 — 6,6; Nb_2O_5 — 63,0. По нашим данным, здесь только ресурсы P_3 .

Экзогенные проявления титана и циркона рутил-циркон-ильменитовой рудной формации выявлены в плитном секторе в яныманьинской ($J_{1-2}jm$) и атлымской (P_3at) свитах, которые зафиксированы на р. Сев. Ялбынья среди кварц-полевошпатовых песков с прослоями шоколадных песчанистых глин. Содержание TiO_2 варьирует в пределах 4,08 — 11,65%. Прогнозные ресурсы категории P_3 циркона в рутил-циркон-ильменитовых россыпях составляют 480 тыс. т, а металлогенический потенциал — 5 млн т [19].

Обращает на себя внимание и уран-редкометалльное оруденение, обусловленное мезозойско-кайнозойскими гипогенно-гипергенными процессами и относимое по классификации МАГАТЭ к «поверхностному» типу. Так, в торфах (Моховое I, II и др.) содержание урана превышает первые проценты, а сумма редких земель составляет 0,2–0,7% [14, 21].

Общий ресурсный потенциал (P_{2+3}) Ляпинского мегаблока, по разным оценкам, составляет (тыс. т): Ta_2O_5 – 10,8–130,6; Nb_2O_5 – 108,1–166; ΣTR – 93,8–737; Zr – 480–500 [8, 10, 19].

Заключение

В настоящее время в пределах Уральской аккреционной складчатой системы можно выделить два мегаблока – Ляпинский и Харбейско-Марункеуский, различающихся как внутренним строением, так и спецификой осадконакопления, магматизма и минерогенеза. Первый включает несколько аккретированных, по-видимому в раннем протерозое, выступов дорифейского основания (Маньхамбовский, Малопатокский, Няртинский, Неркаюский), приуроченных к сводовым частям положительных складчатых структур. Это приподнятые в складчатой системе фрагменты земной коры, осложненные положительными (купольными) морфоструктурами центрального типа. Харбейско-Марункеуский мегаблок, относимый к северному фрагменту палеоконтинентального сектора, представлен крупнейшими структурами района – Марункеуской и Харбейской антиформами, дорифейский фундамент которых слагает одноименные блоки-террейны. Как и на юге, аккретирование дорифейских блоков происходило в конце раннего протерозоя, обусловив формирование композитного палеоконтинента с дальнейшим образованием в раннем-среднем рифее плат-

форменного чехла. Последний в связи с развитием Палеоазиатского (доуральского) океана (RF_{2-3}) и его эволюций сформировал поперечные поднятия, сложенные островодужными (RF_3) и окраинно-континентальными (RF_5-V) комплексами в пределах Собского, Оченырдынского, Кожимского и Тимаизского (Маньхамбовского) поднятий. В позднем палеозое мегаблоки были осложнены чешуйчато-складчатыми дислокациями Орангского и Лемвинского аллохтонов, окончательно сформировавшими структуру региона [3, 4, 10, 22].

Анализ содержаний редких металлов (РМ) в породах субстрата и метасоматитах показывает, что на каждом этапе эволюции ($PR \rightarrow Q$) происходил привнос РМ из глубинных источников, с тенденцией усиления концентрирования редких металлов, создавая богатое Nb, Ta, Zr, Y оруденение. Условия локализации редкометалльных объектов Приполярного Урала сопоставимы с геологической позицией редкометалльных месторождений Полярного Урала.

Главными критериями поисков редкометалльного оруденения на Уральском Севере являются:

- локализация в зонах глубинных разломов (северо-западного и меридионального направления) на границах поперечных поднятий в Ляпинском и Харбейско-Марункеуском мегаблоках;
- связь с кислым магматизмом повышенной щелочности вендско-кембрийского и позднепалеозойско-мезозойского возрастов;
- геохимическая специализация рудоносных комплексов пород на Nb, Ta, U, Th, Zr, Sn, Pb, Be, Y, Zn, Mo, F, Li и, как следствие, наличие комплексных вторичных геохимических ореолов вышеуказанных элементов и радиоактивных аномалий;
- полихронность гидротермально-метасоматических процессов формиро-

вания комплексного редкометалльного оруденения, приводящего в зонах щелочных метасоматитов (альбититов, кварцитов, эйситов) к перераспределению и локальному обогащению рудными компонентами;

- наличие стратифицированных горизонтов обогащения рудными минералами редких, редкоземельных, радиоактивных (и в ряде случаев благородных) металлов в базальных конгломератах хобейнской (RF_{2-3}) и обеизской ($Є_1-O_1ob$) свит в обрамлении металлогенически специализированных гранитоидов;

- наличие россыпей рутил-цирконильменитовой рудной формации в пределах атлымской (P_3at), яныманьинской ($J_{1-2}jm$) и других свит;

- присутствие торфяников с повышенной радиоактивностью как возможных источников уран-редкоземельного оруденения.

Существующий в настоящее время острый дефицит редких металлов, особенно тантала, бериллия, редких земель иттриевой группы, ставит в качестве первоочередной задачи как поиски новых комплексных объектов, в том числе нетрадиционного типа (тип несогласия, поверхностный тип), в таких еще малоизученных территориях, как Уральский Север, так и переоценку и доизучение известных месторождений с выделением более богатых блоков при обязательном повторении технологических исследований на современном уровне.

Исходя из приведенной информации, в пределах Ляпинского и Харбейско-Марункеуского мегаблоков возможно ожидать несколько средних месторождений комплексных руд, где главными компонентами являются тантал и ниобий, а попутными — бериллий, редкие земли, уран, торий, возможно, апатит, флюорит, циркон, полевой шпат. В качестве негативных технологических факторов отметим низкое содержание полезных

компонентов в выявленных рудных интервалах, тонкую зернистость рудных минералов и их повышенную радиоактивность. С редкометалльным оруденением, локализованным в зонах структурно-стратиграфических несогласий и в зонах глубинных разломов, контролирующих рудогенерирующие интрузивные комплексы, также может быть сопряжена благороднометалльная минерализация, в том числе и в промышленных масштабах. Общий ресурсный потенциал Уральского Севера ($C+P_1+P_2$) составляет (тыс. т): $Ta_2O_5 - 29,1$; $Nb_2O_5 - 264,28$; $\Sigma TR - 243,82$.

Рассматриваемый выше минерально-сырьевой потенциал редких и редкоземельных металлов Уральского Севера позволяет оптимистично оценивать перспективу создания минерально-сырьевого комплекса (базы) региона, что является основой дальнейшего развития горно-геологической отрасли Уральского федерального округа в целом [23]. Как известно, в современный период развития общества наиболее востребованными являются новые и нетрадиционные источники благородных, радиоактивных, редких и редкоземельных металлов, определяющих технологический облик XXI в. В условиях, когда количество «легкооткрываемых» месторождений резко сократилось, а «старые» объекты, основа МСБ страны, на грани полного истощения, поиски, разведка и добыча высоколиквидного сырья, которым богат Уральский Север, становится весьма актуальной, первоочередной задачей горно-геологической отрасли. Геолого-металлогенические предпосылки развития горнорудного комплекса Уральского Севера, несомненно, благоприятные. Здесь сходятся инвестиционно-диверсификационные интересы энергетических компаний Западно-Сибирской и Печорской провинций с промышленными предприятиями Среднего Урала.

Кроме того, относительная транспортная доступность выводит минерально-сырьевую проблему региона на уровень практического использования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кудрин В. С. Минеральное сырье. Ниобий и тантал. — М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1998. — 82 с.
2. Солодов Н. А., Семенов Е. И., Усова Т. Ю. Минеральное сырье. Иттрий и лантаноиды: справочник. — М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1998. — 48 с.
3. Душин В. А., Сердюкова О. П., Малюгин А. А. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000. Изд. 2-е. Лист Q-42-I,II (Лаборова). Объяснительная записка / Под ред. А. П. Казак. — СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2009. — 372 с.
4. Gee D. G. Lithosphere dynamics. Origin and evolution of continents. EUROPROBE Secretariat, Uppsala University. 1996, 138 p.
5. Hamilton W. The Uralides and motion of the Russian and Siberian platforms // Bulletin of the Geological Society of America. 1970, vol. 81, no. 8, pp. 2553–2576.
6. Unrug R. Rodinia to Gondwana: the geodynamic map of Gondwana supercontinent assembly // GSA Today. 1997, vol. 7, pp. 1–6.
7. Апельцин Ф. Р., Скоробогатова Н. В., Якушин Л. К. Генетические черты гранитоидов Полярного Урала и условия их редкометалльной металлогенической специализации. — М.: Недра, 1967. — 199 с. — (Труды Всесоюзного научно-исследовательского института минерального сырья «ВИМС» / М-во геологии СССР. Новая серия; Вып. 16).
8. Минерагенический потенциал недр России. Вып. 2. Уральская покровно-складчатая область. В 3 т. Т. 1. Полярный — Северный Урал / Под ред. А. Ф. Морозова. — М.: Геокарт-Геос, 2013. — 484 с.
9. Основные черты геологического строения и минерально-сырьевой потенциал Северного, Приполярного и Полярного Урала / Под ред. А. Ф. Морозова, О. В. Петрова, А. Н. Мельгунова. — СПб.: ВСЕГЕИ, 2010. — 274 с.
10. Душин В. А. Металлогения Ляпинского мегаблока (Приполярный Урал) // Известия УГГУ. — 2021. — № 2 (62). — С. 88–105.
11. Золоев К. К., Левин В. Я., Мормиль С. И., Шардакова Г. Ю. Минерагения и месторождения редких металлов, молибдена, вольфрама Урала. — Екатеринбург: Минприроды, 2004. — 336 с.
12. Грязнов О. Н., Золоев К. К., Ляхович Э. М. Картирование рудоносных матасоматитов. — М.: Недра, 1994. — 271 с.
13. Snyder D. V. Lithospheric growth at margins of cratons // Tectonophysics. 2002, vol. 355, pp. 7–22.
14. Душин В. А., Козьмин В. С., Сердюкова О. П., Бурмако П. Л. и др. Рудоносность Маньхамбовского блока (Приполярный Урал) / Геология и полезные ископаемые Урала и Сибири. — Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2017. — С. 38–77.
15. Щербин С. С. Геологические условия формирования и локализации радиоактивно-редкометалльного оруденения в древних конгломератах // Геология и вопросы генезиса эндогенных урановых месторождений. — М.: Наука, 1968. — С. 50–67.
16. Водолазская В. П., Опаренкова Л. И., Зархидзе Д. В., Иванов В. И. и др. Государственная геологическая карта РФ масштаба 1:1 000 000 (Третье поколение). Серия Северо-Уральская. Лист Q-40 (Печора). — СПб.: Картфабрика ВСЕГЕИ, 2013. — 365 с. + 10 вкл.
17. Шишкин М. А., Астапов А. П., Кабатов Н. В., Казак А. П. Государственная геологическая карта РФ масштаба 1:1 000 000 (Третье поколение). Серия Уральская. Лист Q-41 (Воркута). Объяснительная записка. — СПб.: Картфабрика ВСЕГЕИ, 2007. — 541 с.
18. Удоратина О. В. Бериллиеносные метасоматиты Северного Урала / Металлогения и геодинамика Урала: Тезисы докладов III Всеуральского металлогенического совещания. УрО РАН, МПР РФ, 2000. — С. 170–171.

19. Рудный потенциал Ханты-Мансийского автономного округа / Под ред. К. К. Золоева, М. С. Рапопорта. — Екатеринбург-Ханты Мансийск, 2001. — 176 с.
20. Калиновский А. В. Редкометалльные комплексы Маньхембовского металлогенического района на Северном Урале. — Сыктывкар, 1990. — 23 с.
21. Мионов Ю. Б., Лебедева Г. Б., Пуговкин А. А. Поверхностные урановые месторождения гумидной климатической зоны Земли // Региональная геология и металлогения. — 2015. — № 63. — С. 68–76.
22. McKerrow W. S., Scotese C. R., Brogier M. D. Early Cambrian continental reconstructions // Journal of the Geological Society, London. 1992, vol. 149, no. 4, pp. 589–606.
23. Душин А. В. Балашенко В. В. Состояние и перспективы освоения минерально-сырьевой базы уральского сектора Арктики // Известия вузов. Горный журнал. — 2013. — № 8. — С. 18–24. **ТАБ**

REFERENCES

- Kudrin V. S. *Mineral'noe syr'e. Niobiy i tantal* [Mineral raw materials. Niobium and tantalum], Moscow, ZAO «Geoinformmark», 1998, 82 p.
- Solodov N. A., Semenov E. I., Usova T. Yu. *Mineral'noe syr'e. Ittriy i lantanoidy: spravochnik* [Mineral raw materials. Yttrium and lanthanides: Handbook], Moscow, ZAO «Geoinformmark», 1998, 48 p.
- Dushin V. A., Serdyukova O. P., Malyugin A. A. etc. *Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii masshtaba 1:200 000. Izd. 2-e. List Q-42-I,II (Laborovaya). Ob"yasnitel'naya zapiska*. Pod red. A. P. Kazak [State geological map of Russian Federation scale 1:200 000, 2nd edition, Sheet Q-42-I,II (Laboratory). Explanatory note. Kazak A. P. (Ed.)], Saint-Petersburg, Izd-vo VSEGEI, 2009, 372 p.
- Gee D. G. *Lithosphere dynamics. Origin and evolution of continents*. EUROPROBE Secretariat, Uppsala University. 1996, 138 p.
- Hamilton W. The Uralides and motion of the Russian and Siberian platforms. *Bulletin of the Geological Society of America*. 1970, vol. 81, no. 8, pp. 2553–2576.
- Unrug R. Rodinia to Gondwana: the geodynamic map of Gondwana supercontinent assembly. *GSA Today*. 1997, vol. 7, pp. 1–6.
- Apel'tsin F. R., Skorobogatova N. V., Yakushin L. K. *Geneticheskie cherty granitoidov Polyarnogo Urala i usloviya ikh redkometal'noy metallogenicheskoy spetsializatsii* [Genetic features of granitoids of Polar Urals and conditions of their rare-metal metallogenic specialization], Moscow, Nedra, 1967, 199 p.
- Mineragenicheskiy potentsial nedr Rossii. Vyp. 2. Ural'skaya pokrovno-skladchataya oblast'. T. 1. Polyarnyy — Severnyy Ural*. Pod red. A. F. Morozova [Mineragenic potential of the subsoil of Russia. Issue 2. Ural pokrovno-folded region. Vol. 1. Polar — Northern Urals. Morozov A. F. (Ed.)], Moscow, Geokart-Geos, 2013, 484 p.
- Osnovnye cherty geologicheskogo stroeniya i mineral'no-syr'evoy potentsial Severnogo, Pripolyarnogo i Polyarnogo Urala*. Pod red. A. F. Morozova, O. V. Petrova, A. N. Mel'gunova [The main features of the geological structure and mineral resource potential of the Northern, Circumpolar and Polar Urals. Morozov A. F., Petrov O. V., Mel'gunov A. N. (Eds.)], Saint-Petersburg, VSEGEI, 2010, 274 p.
- Dushin V. A. Metallogeny of the Lyapinsky megablock (Circumpolar Urals). *Izvestiya Ural'skogo gosudarstvennogo gornogo universiteta*. 2021, no. 2 (62), pp. 88–105.
- Zoloev K. K., Levin V. Ya., Mormil' S. I., Shardakova G. Yu. *Minerageniya i mestorozhdeniya redkikh metallov, molibdena, vol'frama Urala* [Minerageny and deposits of rare metals, molybdenum, tungsten of the Urals], Ekaterinburg, Minprirody, 2004, 336 p.
- Gryaznov O. N., Zoloev K. K., Lyakhovich E. M. *Kartirovanie rudonosnykh matasomatitov* [Mapping of ore-bearing matasomatites], Moscow, Nedra, 1994, 271 p.

13. Snydez D. V. Lithospheric growth at margins of cratons. *Tectonophysics*. 2002, vol. 355, pp. 7–22.

14. Dushin V. A., Kozmin V. S., Serdyukova O. P., Burmako P. L., etc. Ore bearing capacity of the Mankhambovsky block (Circumpolar Urals). *Geologiya i poleznye iskopaemye Urala i Sibiri* [Geology and minerals of the Urals and Siberia], Ekaterinburg, Izd-vo UGGU, 2017, pp. 38–77.

15. Shcherbin S. S. Geological conditions of formation and localization of radioactive-rare-metal mineralization in ancient conglomerates. *Geologiya i voprosy genezisa endogennykh uranovykh mestorozhdeniy* [Geology and questions of the genesis of endogenous uranium deposits], Moscow, Nauka, 1968, pp. 50–67.

16. Vodolazskaya V. P., Oprenkova L. I., Zarkhidze D. V., Ivanov V. I., etc. *Gosudarstvennaya geologicheskaya karta RF masshtaba 1:1 000 000 (Tret'e pokolenie). Seriya Severo-Ural'skaya. List Q-40 (Pechora)* [State geological map of Russian Federation scale 1: 1 000 000 (Third generation). The North Ural series. Sheet Q-40 (Pechora)], Saint-Petersburg, Kartfabrika VSEGEI, 2013, 365 p.

17. Shishkin M. A., Astapov A. P., Kabatov N. V., Kazak A. P. *Gosudarstvennaya geologicheskaya karta RF masshtaba 1:1 000 000 (Tret'e pokolenie). Seriya Ural'skaya. List Q-41 (Vorkuta). Ob'yasnitel'naya zapiska* [State geological map of Russian Federation scale 1: 1 000 000 (Third generation). The Ural series. Sheet Q-41 (Vorkuta). Explanatory note], Saint-Petersburg, Kartfabrika VSEGEI, 2007, 541 p.

18. Udoratina O. V. Beryllium metasomatites of the Northern Urals. *Metallogeniya i geodinamika Urala. Tezisy dokladov III Vseural'skogo metallogenicheskogo soveshchaniya* [Metallogeny and geodynamics of the Urals. Abstracts of the III All-Ural Metallogenic Meeting], Ekaterinburg, UrO RAN, MPR RF, 2000, pp. 170–171. [In Russ].

19. *Rudnyy potentsial Khanty-Mansiyskogo avtonomnogo okruga*. Pod red. K. K. Zoloeva, M. S. Rapoport [Ore potential of the Khanty-Mansi Autonomous Okrug. Zoloev K. K., Rapoport M. S. (Eds.)], Ekaterinburg-Khanty Mansiysk, 2001, 176 p.

20. Kalinovskiy A. V. *Redkometal'nye komplekсы Man'khambovskogo metallogenicheskogo rayona na Severnom Urale* [Rare metal complexes of the Mankhambovsky metallogenic district in the Northern Urals], Syktyvkar, 1990, 23 p.

21. Mironov Yu. B., Lebedeva G. B., Pugovkin A. A. Surface uranium deposits of the earth's humid climatic zone. *Regional Geology and Metallogeny*. 2015, no. 63, pp. 68–76. [In Russ].

22. McKerrow W. S., Scotese C. R., Brogier M. D. Early Cambrian continental reconstructions. *Journal of the Geological Society, London*. 1992, vol. 149, no. 4, pp. 589–606.

23. Dushin A. V. Balashenko V. V. State and prospects of development of the mineral resource base of the Ural sector of the Arctic. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal*. 2013, no. 8, pp. 18–24. [In Russ].

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Душин Владимир Александрович – д-р геол.-минерал. наук, профессор, зав. кафедрой, e-mail: fgg.gpr@m.ursmu.ru, Уральский государственный горный университет, ORCID ID: 0000-0002-9657-6324.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

V.A. Dushin, Dr. Sci. (Geol. Mineral.), Professor, Head of Chair, Ural State Mining University, 620144, Ekaterinburg, Russia, e-mail: fgg.gpr@m.ursmu.ru, ORCID ID: 0000-0002-9657-6324.

Получена редакцией 01.11.2021; получена после рецензии 22.02.2022; принята к печати 10.04.2022.
Received by the editors 01.11.2021; received after the review 22.02.2022; accepted for printing 10.04.2022.