



БЛАГОРОДНОМЕТАЛЛЬНЫЕ АССОЦИАЦИИ, СВЯЗАННЫЕ С ПАЛЕОПРОТЕРОЗОЙСКИМ БАЗИТ-ГИПЕРБАЗИТОВЫМ МАГМАТИЗМОМ ЛАПЛАНДСКО-ОНЕЖСКОЙ ПРОВИНЦИИ КАРЕЛИИ

Л. В. Кулешевич

Институт геологии КарНЦ РАН, Петрозаводск

kuleshev@krc.karelia.ru

Топоминералогические исследования являются составной частью минерагенических работ, проводимых в палеопротерозойской Лапландско-Онежской рифтогенной структуре на территории Карелии. Эти исследования актуальны в настоящее время в связи с выделением перспективных площадей и изучением месторождений, связанных с базит-гипербазитовым магматизмом палеопротерозойских рифтогенных структур (хромитовых, титаномагнетитовых, никелевых руд с благородными металлами — ЭПГ и золотом). Минералогические исследования включали детальное изучение ведущих ассоциаций руд и минералов благородных металлов с использованием микросондового и ICP-MS-анализов. Установлено, что хромитовые руды сопровождаются высокотемпературными ассоциациями платиноидов — арсенидов, сульфо-арсенидов Pt, Rh, Ir и висмутотеллуридов Pt (с Pd), сульфидные Cu-Ni-руды — преимущественно Pt-Pd-висмутотеллуридами и теллуридами. Титаномагнетитовые руды с малосульфидной медной минерализацией содержат стибiosoсульфоарсениды, антимониды, станниды, реже сульфиды Pd, Pd-Pt и серебросодержащее золото.

Ключевые слова: минералы благородных металлов, минералогическая провинция, Лапландско-Онежская, рифтогенная, палеопротерозой, Карелия.

NOBLE-METAL ASSOCIATIONS RELATED TO PALEOPROTEROZOIC BASIC-HYPERBASIC MAGMATISM IN THE LAPLAND-ONEGA PROVINCE OF KARELIA

L. V. Kuleshevich

Institute of Geology KarRC RAS, Petrozavodsk; *kuleshev@krc.karelia.ru*

Topomineralogical studies are part of mineralogical research conducted in the Paleoproterozoic Lapland-Onega rift-related structure in Karelia. These studies are important because of the location of promising areas and the study of deposits associated with basic-hyperbasic magmatism in Paleoproterozoic rift-related structures (chromite, titanomagnetite and nickel ores with PGE and gold). The aim of mineralogical studies is to better understand major ore and noble-metal mineral associations by microprobe and ICP-MS-analyses. It was found that chromite ores are accompanied by high-temperature associations of platinumoids — arsenides, sulfo-arsenides Pt, Rh, Ir and bismutotellurides Pt (with Pd), and sulfide Cu-Ni ores — mainly Pt-Pd bismutotellurides and tellurides. Titanomagnetite ores with low-sulfide copper mineralization contain stibio-sulfoarsenides, antimonides, stannides, and more rarely sulfides of Pd, Pd-Pt, and silver-containing gold.

Keywords: noble-metal minerals, mineralogical province, Lapland-Onega, rift-related, Paleoproterozoic, Karelia.

Введение

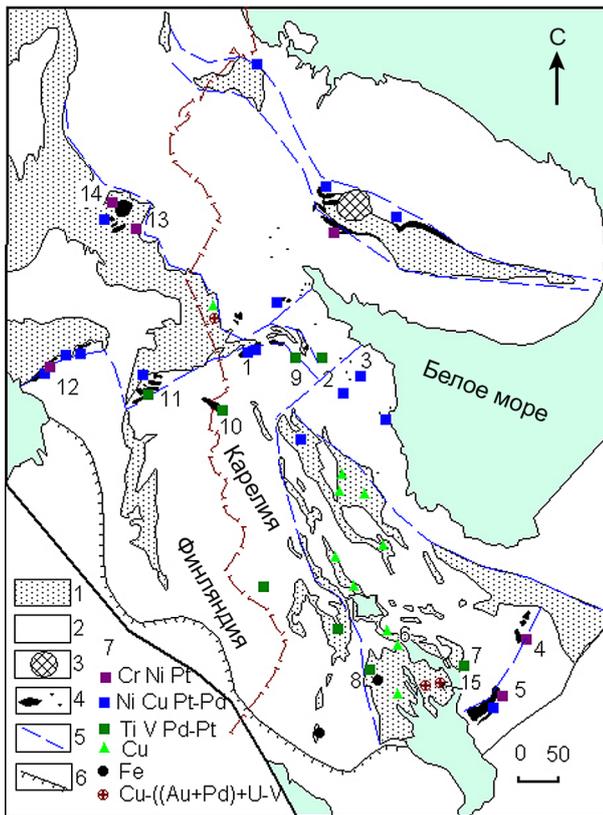
К минералогической провинции принято относить «участок земной коры, характеризующийся относительно однородным геологическим строением и развитием одних и тех же минеральных комплексов и ассоциаций» [14]. По определению Н. П. Юшкина, минералогическая провинция является элементарным топоминералогическим регионом, размеры которого обычно колеблются от 10 до 100 тыс. км². Границы минералогических провинций, как правило, пространственно совпадают с границами минерагенических крупных или средних структурных элементов.

Лапландско-Карельская рифтогенная структура (см. рисунок) [6, 8, 9, 18] заложилась на сумий-

ско-сариолийском этапе (2.5—2.3 млрд л.) развития Карельского кратона, прослеживается с территории СЗ-Финляндии в ЮВ-Карелию и выделяется как многоосевая зона, испытавшая блокировку по трансформным разломам (сдвиговым зонам СВ-простираения). В ятулийское время (2.3—2.1 млрд л.) для территории был характерен трапповый магматизм [11, 12]. Людикийский рифтогенез (2.1—1.92 млрд л.) сопровождался базит-гипербазитовым магматизмом, комплексом силлов и даек. Каждый этап развития характеризуется своим магматизмом и металлогенической специализацией (см. рисунок) [7, 13, 18]. В данной работе рассматривается карельская часть Лапландско-Онежского палеопротерозойского

Для цитирования: Кулешевич Л. В. Благороднометалльные ассоциации, связанные с палеопротерозойским базит-гипербазитовым магматизмом Лапландско-Онежской провинции Карелии // Вестник геонаук. 2020. 9(309). С. 14—18. DOI: 10.19110/geov.2020.9.3.

For citation: Kuleshevich L. V. Noble-metal associations related to Paleoproterozoic basic-hyperbasic magmatism in the Lapland-Onega province of Karelia. Vestnik of Geosciences. 2020. 9(309). P. 14—18. DOI: 10.19110/geov.2020.9.3.



Месторождения и рудопроявления палеопротерозойской Лапландско-Онежской рифтогенной структуры [7, 18]:

1 — палеопротерозойские отложения, 2 — архейские образования, 3 — палеозойские интрузии, 4 — сумийские интрузии и малые тела, 5 — тектонические зоны и глубинные трансформные разломы, 6 — свекофенская область, 7 — основные месторождения и рудопроявления. Номера на схеме (некоторые рудные объекты по тексту): 1 — Луккулайсваара, Кивакка, 2 — Травяная Губа, 3 — Беломорская группа, 4 — Монастырское, 5 — Бураковская группа (Аганозерское, Бураковское), 6 — Воронов Бор, 7 — Пудожгора, 8 — Койкарское (Викша), 9 — Еletzозерское, 10 — Койлисмаа, 11 — Муставаара, Хаукиахо, 12 — район Кемь (Кемь, Пеникат, Сомпуярви-риф, Паасиваариф; Суханко), 13 — Аканваара, 14 — Койтелайнен, Кевитца, 15 — Падминская группа

Deposits and ore occurrences of the Paleoproterozoic Lapland-Oneza rift structure [7, 18]:

1 — Paleoproterozoic formations, 2 — Archean formations; 3 — Paleozoic intrusions, 4 — sumian intrusions and small bodies, 5 — tectonic zones and transform faults, 6 — Svekofen region, 7 — main Paleoproterozoic deposits and ore occurrences. Numbers on the map: 1 — Lukkulaisvaara, Kivakka, 2 — Travyanaya Guba, 3 — Belomorskaya group, 4 — Monastyrskoe, 5 — Burakovskaya group (Aganozerskoe, Burakovskoe), 6 — Voronov Bor, 7 — Pudozhgora, 8 — Koikarskoe (Viksha), 9 — Eletyozerskoe, 10 — Koillismaa, 11 — Mustavaara, Naukiaho, 12 — Kemi, Penikat, Sompujarvi-reef, Paasivaara reef, 13 — Akanvaara, 14 — Koitelainen, Kevitsa, 15 — Padma group

рифта (без Ветреного Пояса). Минералогические исследования позволяют проследить эволюцию рудообразования с учетом основных принципов выделения минералогических структур и провинций и сопровождаются обобщениями — подготовкой сводки по минералам Карелии.

Актуальность и методы исследования

Минералогические исследования являются составной частью минерагенических работ, проводимых автором по изучению рудных ассоциаций в Карелии и обобщению результатов по благороднометалльно-оруденению (ЭПГ и Au) в конкретных палеопротерозойских структурах Лапландско-Онежской рифтогенной структурной зоны (ЛОРС). Эти исследования представляют собой самостоятельное (топоминарало-гическое — по Н. П. Юшкину) направление, изучающее закономерности формирования и распределения минералов в различных условиях и геологических системах. Работы сопровождаются картированием, изучением рудных минералов, установлением минералого-геохимических критериев рудоносности. Они могут быть использованы и имеют большое значение для минерагенического анализа, прогнозирования, поисков и оценки месторождений полезных ископаемых. Так, например, для С. Карелии проведено минералогическое районирование [2, 3], дополняющее исследование в Арктической зоне Карелии.

Методика исследований. Палеопротерозойская рифтогенная структура выделена благодаря многочисленным работам предшественников, детально изучавшим базит-гипербазитовый магматизм Карелии на основе геофизических, структурных и геолого-петрографических данных. В работе приводится обобщение более ранних результатов, в том числе по изучению ведущих рудных минералов, минералов благородных металлов и их ассоциаций; они дополнены определениями, выполненными на электронном сканирующем микроскопе VEGA II LSH с микроанализатором INCA Energy-350, и данными ICP-MS-анализа руд в аналитическом центре ИГ КарНЦ РАН.

Геологическое строение, этапы развития и минерагения

Лапландско-Онежская региональная палеотроговая структура заложилась на Карельском кратоне и развивалась как континентальный рифт от 2.5 до ~1.8 млрд лет назад на архейском фундаменте (см. рисунок). ЛОРС объединяет отдельные палеопротерозойские структуры: Пана-Куоляярвинскую, Кукаозерскую, небольшие интрузивные тела в Беломорском комплексе на севере; Лехтинскую, Гайкольскую и другие — в центральной; Кумсинскую, Онежскую — в южной; Ветреного Пояса — в восточной части Карелии. Временные рамки и фазы их эволюции описаны и обобщены в многочисленных работах исследователей, изучающих палеопротерозойский магматизм [6, 8, 9, 12 и ссылки в них]. Этапы развития сумийско-сариолийского (2.5—2.3 млрд лет, PR_{1sm-sr}), ятулийского (2.3—2.1 млрд лет, PR_{1jt}) и людиковийского (2.1—1.92 млрд лет, PR_{1ld}) возрастов сопровождались базит-гипербазитовым магматизмом и внедрением интрузий на стадии рифтогенеза, а также формированием близсинхронных вулканогенно-осадочных комплексов. Калевийская (1.92—1.8 млрд л., с внедрением Ропручейского силла) и вепсийская (1.8—1.65 млрд л.) эпохи накопления осадков проявились в южной части Онежского палеобассейна. Орогенный этап (1.8—1.7 млрд л.) развития на территории Карелии выразился в формировании зон



складчато-разрывных деформаций (СРД) и щелочно-метасоматоза СЗ-простираия.

С сумийскими расслоенными базит-гипербазитовыми интрузиями (2.5—2.4 млрд лет, массивы Луккалайсваара, Кивакка, Бураковский и др.) связано хромитовое, медно-никелевое сульфидное, в некоторых — титаномагнетитовое оруденение, сопровождающееся широким спектром минералов благородных металлов (ЭПГ с Au). Включающая эти палеопротерозойские (PR₁ sm) расслоенные интрузии минерагеническая зона прослеживается из СЗ-Финляндии в восточном направлении до Олангской площади. В районах Кеми (СЗ-Лапландия) и Койллисмаа (вблизи границы с Карелией) в Финляндии к подобным интрузиям приурочены несколько крупных месторождений и проявлений Cr (Кеми, Пеникат, Койтелайнен, Аканваара, Нярянкаваара комплекса Койллисмаа), Fe-V-Ti, Cu-Ni и ЭПГ [18].

Интрузии Олангской группы представлены массивами Луккулайсваара, Кивакка, Ципринга в СЗ-части Карелии. Расслоенный перидотит-пироксенит-габброноритовый массив Луккулайсваара детально изучался ЦКЭ в 90-х годах прошлого века. В начале 2000-х годов проведена его оценка на Ni и платиноиды; установлены их проявления (Надежда и другие [7]), объединенные в объект Луккулайсваара с содержанием Σ ЭПГ в рудах от 3.84 до 9 г/т (Pd — до 14.68 г/т, Pt — 3.22 г/т). При среднем содержании ЭПГ 7.5 г/т их ресурсы (P1 + P2) составляют ~13.2 т (по результатам работ С. Ф. Ключина, Северная ГЭ). Благороднометалльная минерализация тяготеет к малосульфидным ассоциациям критической зоны (изучалась А. Ю. Барковым, обобщение см. в работе [2]). Платиноиды представлены теллуридами и висмутотеллуридами (мончеит, меренскит, теларгпалит, котульскит, собольскит, майченерит, теллурупалладинит, сопчеит, луккулайсваараит Pd₁₄Ag₂Te₉ [17], оуланкаит (Pd, Pt)₅(Cu, Fe)₄SnTe₂S₂) [15], (Pd, Ag)₂Te); сульфидами (брэггит, высочкит, редкий Cu-Морениит (Cu, Fe)(Re, Mo)₄S₈); сульфоарсенидами и арсенидами (ирарсит, холлингвартит, сперрилит, стиллуотерит, меньшиковит Pd₃Ni₂As₃ [16]); станидами и плюмбидами (серии атокит-рустенбургит, паоловит, звягинцевит, таймырит, Pd₂(Sn, Sb), Pd₂(Sn, As)); антимонидами (изомертиит, мертиит, стибнопалладинит); интерметаллидами (туламинит), Pt-Pd, Au-Ag, (Fe, Ni)₃Cr. В расслоенном перидотит-пироксенит-габброноритовом массиве Кивакка халькопирит-пентландит-пирротинное оруденение (Ni — 0.36—0.4 %, Cu — 0.3—0.65) содержит Σ ЭПГ 3—6 г/т (Pt — 1—3, Pd — 1—5 г/т) [7] и минералы меренскит-мончеит, котульскит, сперрилит. В массивах Ципринга и Ханкусъярви установлены более высокие содержания Cu. Ресурсы ЭПГ по Олангскому узлу в целом равны 26.48 т (категории P1 + P2) и 35 т (P3).

В Беломорской складчатой области известны многочисленные небольшие интрузии сумийского возраста, прорывающие архейские толщи. На рудопроявлении Травяная Губа богатые вкрапленные и сидеронитовые ильменит-титаномагнетитовые руды сложены титаномагнетитом, ильменитом с ЭПГ [5]. Pt-Pd-минерализация ассоциирует с сульфидами меди и представлена Pd-Pt-стибноарсенидами, сульфи-

дами, реже (Pd-Cu-Sn) интерметаллидами и платиной. Σ ЭПГ достигает 2.8 г/т, Au — до 2.5 г/т.

Бураковская интрузия — наиболее крупный расслоенный массив, расположенный в ЮВ-части ЛОРС, в ее архейском основании. Сложена хромовыми и сульфидными Cu-Ni-рудами. Главный хромитовый горизонт Аганозерского месторождения представляет собой стратиформную залежь мощностью 0.7—6.3 м, приуроченную к границе ультраосновной и пироксенитовой зон (разведка и оценка массива и его ресурсов велась Карельской ГЭ — В. А. Ганиным, В. Н. Логиновым) [7]. Содержание Cr₂O₃ в рудах месторождения составляет 21.79 % (до 45.28 %), запасы по категориям С1 и С2 оцениваются в ~ 26.6 млн т, прогнозные ресурсы ~ 177.55 млн т руды. Руды представлены вкрапленными и массивными разностями, рудные хромшпинелиды относятся к субферриалюмохромитам. В хромитовом горизонте установлена рассеянная никелевая и ЭПГ-минерализация, представленная тугоплавкими сульфоарсенидами Pt, Rh, Ir, сульфидами и другими платиноидами [1], такими как холлингвортит, лаурит, эрлихманит, ирарсит, сперелит, платарсит, куперит, туламинит, рустенбургит, Pt, Pt₃Fe, висмутотеллуриды Pt-Pd и Au. Ресурсы ЭПГ оцениваются в 110 т. Cu-Ni-оруденение занимает обособленную позицию в массиве, с ним ассоциируют преимущественно минералы Pd [12].

Ятулийский базитовый магматизм на территории Карелии проявился как трапповый [11]. Центры ятулийского вулканизма тяготеют не только к региональной рифтогенной структуре. Они развиты шире и приурочены к СЗ-тектоническим зонам в пределах кратона. Базитовый магматизм сопровождается медно-сульфидной (халькопирит-борнитовой) вкрапленной минерализацией [4] и железоокисными (Fe, Mn) проявлениями в осадочном комплексе (см. рисунок).

Интрузии габбро-долеритов раннелюдиловского возраста (2.0—1.98 млрд л.) дифференцированы от меланократовых и рудных габбро до диоритов (повышенной Na-щелочности). В Онежской структуре они представлены крупными пологозалегающими силлами. Койкарский силл прорывает ятулийские толщи, в том числе карбонатный горизонт верхнего ятулия, а Пудожгорский — архейские гранитоиды. В центральной части Онежской структуры силлы прорывают шунгитовые толщи. Суйсарский пикрит-базальтовый магматизм (PR₁ su) (1.98—1.92 млрд л.) сопровождается интрузиями габбро и Кончезерским габбро-перидотитовым силлом (1.975 млрд л.). С каждым из этих комплексов связаны определенные типы руд с ЭПГ.

Титаномагнетитовые руды Пудожгорского месторождения содержат 8.13 % TiO₂ и 0.43 % V₂O₅ (при запасах ~ 316.7 млн т руды). Они слагают стратифицированную залежь и сопровождаются малосульфидной вкрапленностью, с которой ассоциируют котульскит, меренскит, сопчеит, кейконит, сперрилит [7, 13] и золото микронных размеров. В Койкарском силле к титаномагнетитовому горизонту со средним содержанием TiO₂ — 6 %, V₂O₅ — 0.32 % (запасы руды ~ 314.2 млн т) приурочена малосульфидная вкрапленность с благородными металлами, в сумме достигающая 1—2 г/т (ресурсы ~ 425 т). На месторождении Викша (участки Каллиево, Кентилампи,



Шарги) в ассоциации с халькопиритом и борнитом (1–4 %) установлены Pd-арсениды, стибноарсениды, станниды [10]: палладоарсениды Pd₂As, фазы (Pd, Pt)₂As, (Pt, Pd, Rh)As₂, сперрилит, арсенопалладинит Pd₇As₂, фаза Pd₄As, стиллуотерит Pd₈As₃, паларстанид Pd₈(Sn, As)₃, станнопалладинит Pd₃(Sn, As)₂, фаза (Pd, Pt, Au)₃Sn, изомертит Pd₅AsSb, реже встречаются брэггит (Pt, Pd, Ni)S, холлингвортит (Rh, Pt)AsS, PtTe₂, PdTe. Золото в этой ассоциации содержит 15–31 % Ag.

В Северной Карелии (рис. 1) с дифференцированным щелочно-базит-гипербазитовым Тикшеозерско-Елетьозерским комплексом (2.0 млрд л.) с завершающей карбонатитовой фазой, прорывающим архейские гранитогнейсы, связаны месторождения фосфорсодержащих титаномагнетитовых руд в габброидах и Fe-P (с REE) в карбонатитах. Близкие по составу богатые руды (запасы ~102.3 млн т) приурочены к Елетьозерскому массиву (участки Межозерный, Нято-Вара, Сури-Вара) [7]. Они содержат TiO₂ в среднем 9.2–10.3 %, V₂O₅ — 0.08–0.18 %. Минералогия титаномагнетитовых руд отличается большим разнообразием Fe-Ti-O-фаз, представленных титаномагнетитом, магнетитом, ульвитом, ильменитом, герцинитом и титанитом; в зонах влияния поздних фаз щелочных пород встречается корунд [3]. Руды незначительно обогащены ЭПГ (Σ = 0.025–0.15 г/т).

С орогенным этапом развития Лапландско-Онежского рифта (1.8–1.7 млрд л.) на территории Карелии связана Pd-Pt-Au-(Co-Pb-Mo)-Cu-(S,Se)-U-V-оксидная гидротермально-метасоматическая минерализация, представленная месторождениями Падминской группы в Онежской структуре и проявлениями Au-Cu-(Se-Te-S) и Au-U в Пана-Куолярвинской. Полиметаллическая ассоциация орогенного этапа развития представляет объект другого детального исследования.

Заключение

Лапландско-Онежская рифтогенная структура — это длительно развивавшаяся от 2.5 до 1.8 млрд лет назад региональная минерагеническая провинция, включающая рудную минерализацию разновозрастных базит-гипербазитовых палеопротерозойских комплексов и более позднюю наложенных зон СРД орогенного этапа развития. С базит-гипербазитовым магматизмом связана Cr, Ti-V, Cu и ЭПГ-рудная минерализация. Состав минералов благороднометаллической ассоциации определяется типом магматизма и составом ведущего типа руд. Хромитовые руды (Бураковская интрузия в ЮВ-Карелии, Кеми и др. в СЗ-Финляндии) связаны с крупными дифференцированными интрузиями сумийского возраста; они представлены высокохромистыми хромшпинелидами и сопровождаются высокотемпературными ассоциациями платиноидов — арсенидов, сульфидов (Pt, Rh, Ir) и висмутотеллуридов Pt с Pd. С менее крупными массивами, представленными габбро-норитами, в которых отмечается контаминация коровым материалом [9], связано сульфидное медно-никелевое и титаномагнетитовое оруденение с Pt-Pd-минерализацией (Луккулайсваара, Кивакка, Травяная Губа). Ятулийский базитовый магматизм со-

провождается медно-сульфидной минерализацией. На людикийском этапе развития наблюдается преимущественное накопление Ti-Fe-O-минерализации. С Койкарским и Пудожгорским силлами габброидеритов в Онежской структуре ассоциируют стратифицированные залежи титаномагнетитовых руд с малосульфидной медной и ЭПГ-минерализацией. Минералы благородных металлов в них представлены преимущественно стибносульфоарсенидами, станнидами, реже сульфидами Pd, Pd-Pt. Минералогические исследования, проводимые в рамках музейной тематики ИГ КарНЦ РАН, были направлены на детальное изучение ведущих ассоциаций руд и минералов благородных металлов в разновозрастных массивах с учетом основных принципов минералогического районирования [14, 2], что позволило проследить эволюцию образования руд; они сопровождаются обобщениями и подготовкой сводки по минералам Карелии.

Работа выполняется по темам НИР ИГ КарНЦ РАН № ГР АААА-А18-118020290084-7 и № АААА-А18-118020290085-4 (раздел 5).

Литература

1. Гроховская Г. Л., Лапина М. И., Ганин В. А. и др. Проявления ЭПГ-минерализации в Бураковском расслоенном комплексе (Южная Карелия, Россия) // Геология рудных месторождений. 2005. Т. 47. № 4. С. 315–341.
2. Дмитриева А. В., Кулешевич Л. В. Минеральные виды Северной Карелии: рудные минералы палеопротерозойских (PR_{1sm}) расслоенных массивов // Труды XVI Ферсман. научной сессии ГИ КНЦ РАН. 2019. № 16. С. 160–164. <https://doi.org/10.31241/FNS.2019.16.033>.
3. Кулешевич Л. В. Минеральные виды Северной Карелии: рудные минералы тикшеозерско-елетьозерского комплекса и связанных с ним метасоматитов // Там же. С. 334–338. <https://doi.org/10.31241/FNS.2019.16.067>.
4. Кулешевич Л. В., Голубев А. И., Лавров О. Б. Палеопротерозойские золотосодержащие медные месторождения и проявления Карельского кратона // ДАН. Т. 432. № 3. 2010. С. 376–380.
5. Кулешевич Л. В., Земцов В. А. Минералогия благороднометаллических ильменит-титаномагнетитовых руд проявления Травяная Губа (Северная Карелия) // Записки РМО. 2009. Часть 138. Вып. 5. С. 51–62.
6. Магматизм и металлогения рифтогенных систем восточной части Балтийского щита / Под ред. акад. А. Д. Щеглова. СПб.: Недра, 1993. 244 с.
7. Минерально-сырьевая база Р. Карелии / Под ред. В. П. Михайлова и В. Н. Аминова. 2005. Кн. 1. 286 с.
8. Ранний докембрий Балтийского щита / Под ред. В. А. Глебовицкого. СПб.: Наука, 2005. 711 с.
9. Рыбаков С. И., Голубев А. И., Слюсарев В. Д., Лавров М. М. Докембрийский рифтогенез и современная структура Фенноскандинавского щита // Отечественная геология. 1999. № 5. С. 29–38.
10. Олейник И. Л., Кулешевич Л. В. Петрохимические особенности и благороднометаллическая минерализация Койкарского силла (Карелия) // Руды и металлы. 2016. № 3. С. 49–61.
11. Трофимов Н. Н., Голубев А. И. Геодинамическая позиция перспективных платиноносных формаций Карелии // Геология и полезные ископаемые Карелии. Петрозаводск, 2001. Вып. 4. С. 26–33.



12. Трофимов Н. Н., Голубев А. И. Металлогения и цикличность развития внутриконтинентального Онежско-Водлозерского докембрийского мантийного плюма // Мантийные плюмы и металлогения: Материалы межд. симпозиума. Петрозаводск; Москва, 2002. С. 249–253.

13. Трофимов Н. Н., Голубев А. И. Пудожгорское благороднометалльное титаномagnetитовое месторождение. Петрозаводск, 2008. 120 с.

14. Юшкин Н. П. Топоминералогия. М.: Недра, 1982. 288 с.

15. Barkov A. Y., Fleet M. E., Martin R. F., Tarkian M. Compositional variations in oulankaite and a new series of argentoan oulankaite from the Lukkulaivaara layered intrusion, Northern Russian Karelia // The Canadian Mineralogist. 2004. 42. Pp. 439–453.

16. Barkov A. Y., Martin R. F. Menshikovite, $Pd_3Ni_2As_3$, a new platinum-group mineral species from two layered complexes, Russia // The Canadian Mineralogist. 2002. V. 40. Pp. 679–692.

17. Vymazalova A., Grokhovskaya T. L., Laufek F. & Rassulov V. A. Lukkulaivaaraite, $Pd_{14}Ag_2Te_9$, a new mineral from Lukkulaivaara intrusion, northern Russian Karelia, Russia // Mineralogical Magazine. 2014. V. 78. № 7. Pp. 1743–1754. DOI: 10.1180/minmag.2014.078.7.16.

18. <https://gtkdata.gtk.fi/mdae/index.html>

References

1. Grokhovskaya G. L., Lapina M. I., Ganin V. A. et al. *Proyavleniya EPG-mineralizatsii v Burakovskom rassloennom komplekse* (Yuzhnaya Kareliya, Rossiya) (PGE mineralization occurrences in the Burakovian layered complex, South Karelia, Russia). *Geologia rudnykh mestorozhdeniy* (Geology of Ore deposits), 2005, V. 47, No. 4, pp. 315–341.

2. Dmitrieva A. V., Kuleshevich L. V. *Mineralnye vidy Severnoi Karelii: rudnye mineraly paleoproterozoiskikh (PR1sm) rassloennykh massivov* (Mineral species of North Karelia: ore minerals of Paleoproterozoic (PR_{1sm}) layered massifs). Proceedings of the 16th Fersman Scientific Session, GI KSC RAS, Apatity, 2019, No. 16, pp. 160–164. <https://doi.org/10.31241/FNS.2019.16.033>.

3. Kuleshevich L. V. *Mineralnye vidy Severnoi Karelii: rudnye mineral Tiksheozersko-Eletozerskogo kompleksa i svyazannykh s nim metasomatitov* (Mineral species of North Karelia: ore minerals from the Tiksheozero-Yeletozero complex and associated metasomatic rocks). Proceedings of the 16th Fersman Scientific Session, GI KSC RAS, Apatity, 2019, No. 16, pp. 334–338. <https://doi.org/10.31241/FNS.2019.16.067>.

4. Kuleshevich L. V., Golubev A. I., Lavrov O. B. *Paleoproterozoiskie zolotosoderzhaschie mednye mestorozhdeniya i proyavleniya Karel'skogo kratona* (Paleoproterozoic gold-bearing copper deposits and ore occurrences of the Karelian craton). DAN, V. 432, No. 3, 2010, pp. 376–380.

5. Kuleshevich L. V., Zemtsov V. A. *Mineralogiya blagorodnometall'nykh il'menit-titanomagnetitovykh rud proyavleniya Travyanaya Guba (Severnaya Kareliya)* (Mineralogy of Travyanaya

Guba noble-metal ilmenite-titanomagnetite ores, North Karelia)). *Zapiski RMO*, 2009, Part 138, Issue 5, pp. 51–62.

6. *Magmatizm i metallogeniya riftogennykh sistem vostochnoi chasti Baltiiskogo schita* (Magmatism and metallogeny of rift-related systems in the eastern Baltic Shield). Edited by Academician. A. D. Shcheglov, St. Petersburg: Nedra Publishers, 1993, 244 p.

7. *Mineralno-syrevaya baza R. Kareliya* (Republic of Karelia's mineral potential). Edited by V. P. Mikhailov and V. N. Aminov, 2005, V. 1, 286 p.

8. *Rannii dokembrii Baltiiskogo schita* (The early Precambrian of the Baltic shield). Edited by V. A. Glebovitsky, St. Petersburg: Nauka, 2005, 711 p.

9. Rybakov S. I., Golubev A. I., Slyusarev V. D., Lavrov M. M. *Dokembriiskii riftogenez i sovremennaya struktura Fennoskandinavskogo schita* (Precambrian rifting and modern structure of the Fennoscandian shield). *Otechestvennaya Geology*, 1999, No. 5, pp. 29–38.

10. Oleinik I. L., Kuleshevich L. V. *Petrohimicheskie osobennosti i blagorodnometall'naya mineralizatsiya Koikarskogo silla (Kareliya)* (Petrochemical characteristics and noble-metal mineralization of the Koikary sill, Karelia). *Rudy i metally*, 2016, No. 3, pp. 49–61.

11. Trofimov N. N., Golubev A. I. *Geodinamicheskaya pozitsiya perspektivnykh platinonosnykh formatsii Karelii* (Geodynamic position of Karelia's promising platiniferous formations). *Geology and useful minerals of Karelia*, Petrozavodsk, 2001, Issue 4, pp. 26–33.

12. Trofimov N. N., Golubev A. I. *Pudozhgorskoe blagorodnometall'noe titanomagnetitovoe mestorozhdenie* (Pudozhgora noble-metal titanomagnetite deposit). Petrozavodsk, 2008, 120 p.

13. Trofimov N. N., Golubev A. I. *Metallogeniya i tsiklichnost' razvitiya vnutrikontinental'nogo Onezhsko-Vodlozerskogo dokembriiskogo mantiinogo plyuma* (Metallogeny and evolution cyclicity of the Precambrian Onega-Vodlozero intracontinental mantle plume). *Mantle plumes and metallogeny*. Proceedings of the international symposium. Petrozavodsk-Moscow, 2002, pp. 249–253.

14. Yushkin N. P. *Topomineralogiya* (Topomineralogy). Moscow: Nedra, 1982, 288 p.

15. Barkov A. Y., Fleet M. E., Martin R. F., Tarkian M. Compositional variations in oulankaite and a new series of argentoan oulankaite from the Lukkulaivaara layered intrusion, Northern Russian Karelia. *The Canadian Mineralogist*, 2004, 42, pp. 439–453.

16. Barkov A. Y., Martin R. F. Menshikovite, $Pd_3Ni_2As_3$, a new platinum-group mineral species from two layered complexes, Russia. *The Canadian Mineralogist*, 2002, V. 40, pp. 679–692.

17. Vymazalova A., Grokhovskaya T. L., Laufek F. & Rassulov V. A. Lukkulaivaaraite, $Pd_{14}Ag_2Te_9$, a new mineral from the Lukkulaivaara Intrusion, northern Russian Karelia, Russia. *Mineralogical Magazine*, 2014, V. 78, No. 7, pp. 1743–1754. DOI: 10.1180/minmag.2014.078.7.16.

18. <https://gtkdata.gtk.fi/mdae/index.html>

Поступила в редакцию / Received 05.09. 2020