

МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВАЯ БАЗА КАРЕЛЬСКОЙ АРКТИКИ — ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ И ОСВОЕНИЯ

В. И. Иващенко, В. В. Щипцов

Институт геологии ФГБУН ФИЦ Карельский научный центр РАН (Петрозаводск, Российская Федерация)

Статья поступила в редакцию 1 апреля 2019 г.

Минералогия и минерально-сырьевая база карельской Арктики обусловлены эндогенными процессами, развивавшимися при формировании архейских зеленокаменных поясов (Mo, Au, Re), структурно-вещественных комплексов протерозойского Северонорвежско-Онежского рифта (Pt, Pd, Au, U) и свекофеннского метаморфогенного коллажа Беломорского мобильного пояса (Pt, Pd, Au, промышленные минералы). Освоению минерально-сырьевой базы благоприятствуют: выгодное географическое положение этой территории, умеренный климат, развитая транспортная и энергетическая инфраструктура, положительные результаты технологических испытаний руд месторождений благородных металлов, молибдена и промышленных минералов.

Ключевые слова: Арктическая зона, докембрий, Карелия, минералогия, минерально-сырьевая база, месторождение, благородные металлы, молибден, промышленные минералы.

Введение

Российский минерально-сырьевой комплекс в настоящее время один из наиболее прогрессивных, экономически стабильных и социально значимых секторов российской экономики. Его основой является минерально-сырьевая база — совокупность запасов и прогнозных ресурсов полезных ископаемых. В ее наращивании, динамичном развитии и совершенствовании структуры в последнее время в соответствии с современными тенденциями в мировой промышленности и экономике важное место отводится арктическим регионам [1—4 и др.].

Арктическая зона Российской Федерации (АЗРФ) — регион особых геополитических, экономических, оборонных, научных и социально-этнических интересов. Здесь кроме уникальных нефтегазовых ресурсов сосредоточена значительная часть активных мировых запасов Ni, Co, металлов платиновой группы (МПГ), апатита, Nb, Ti, Zn, Au, Ag, редкоземельных элементов и др. [1; 3 и др.]. Разработка месторождений в АЗРФ дает 95% общероссийской добычи газа и около 70% нефти, 90—100% алмазов, МПГ, Sb, Cr, Mn, апатита, флогопита, вермикулита, редких металлов, около 80% Ni, Cu, Sn, 40% золота [1; 2 и др.].

Большинство эксплуатируемых в настоящее время месторождений российской Арктики находится

в крайне труднодоступных районах с чрезвычайно суровыми климатическими условиями. Вследствие этого их освоение — исключительно сложная задача, требующая детальной геолого-эколого-экономической проработки. Также в силу названных причин большая часть АЗРФ остается еще слабо изученной. В этом аспекте выгодно отличаются территории Лоухского, Кемского и Беломорского районов Республики Карелия, включенные в состав российской Арктики указом Президента РФ от 27 июня 2017 г. № 287.

Арктическая зона Республики Карелия (АЗРК) водными путями связана с Северным Ледовитым океаном, Балтийским, Каспийским и Черным морями. Ее территорию пересекают железнодорожная и автомобильная магистрали федерального значения. Климат карельской Арктики по сравнению с другими арктическими регионами России отличается исключительной мягкостью.

Согласно историческим сведениям освоение минеральных ресурсов АЗРФ начиналось с арктических территорий Карелии. В Беломорье промысел мусковита зародился в X—XI вв. и до начала XIX в. покрывал потребности как внутрироссийского, так и внешнего рынка.

В современный период, почти до конца прошлого века, в районах карельской Арктики существовал крупный горнопромышленный комплекс, второй

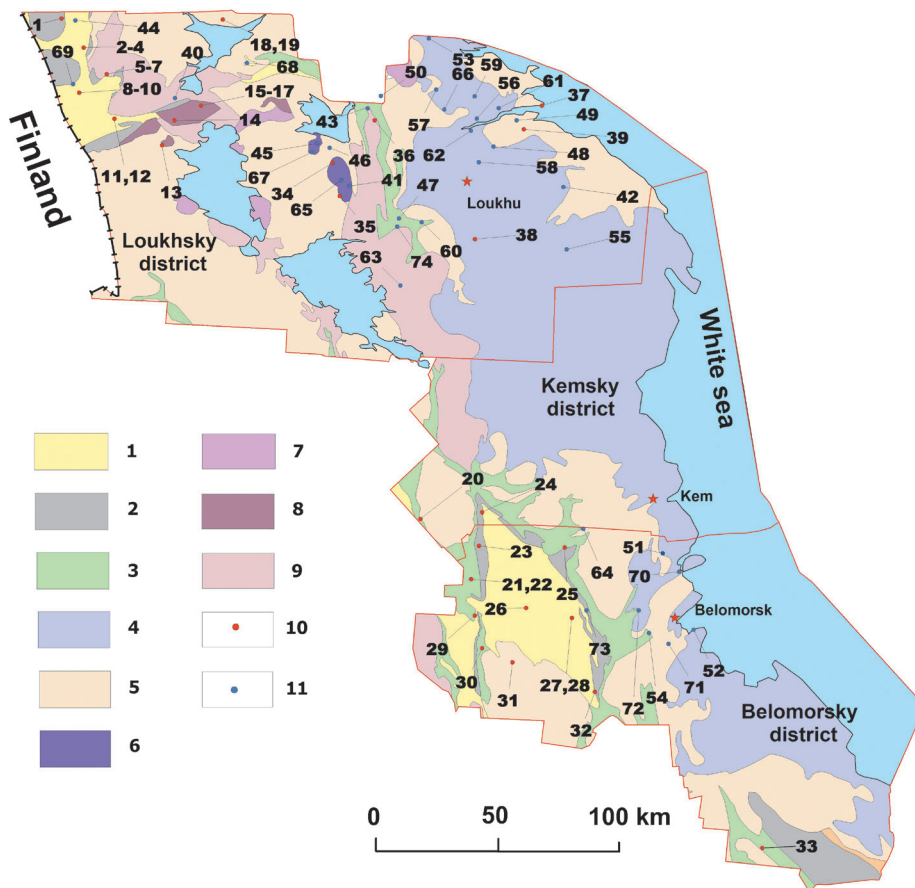


Рис. 1. Месторождения и проявления металлов и промышленных минералов Карельской Арктики.

1 – ятулий-людиковый нерасчлененные (2,30–1,92 млрд лет); 2 – сумий-сариолий нерасчлененные (2,5–2,3 млрд лет); 3 – комплексы ЗП (2,88–2,72 млрд лет); 4 – комплексы БМП (2,9–1,8 млрд лет); 5 – ТТГ-карельский комплекс (архейский фундамент) (3,0–2,8 млрд лет); 6 – щелочно-габбровые расслоенные интрузивы с карбонатитами (2,07–2,00 млрд лет); 7 – граниты (2,7–2,65 млрд лет); 8 – расслоенные мафит-ультрамафитовые массивы (2,45–2,4 млрд лет); 9 – чарнокиты, гранодиориты, монзониты (2,78–2,72 млрд лет); 10–11 – месторождения и рудопроявления: 10 – металлы, 11 – промышленные минералы. **Металлы:** 1 – месторождение Au Майское, 2–12 – U-Au проявления Пана-Куоляярвинской структуры: 2 – Лагерное, 3 – Озерное, 4 – Кварцевое, 5 – Сиеппи, 6 – Исосиеппи, 7 – Каутио, 8 – Альбит-1, 9 – Хейкинваара, 10 – Ристаниemi, 11 – Корпела, 12 – Сувалампи; 13–17 – Pt-Pd-Au Олангской группы расслоенных интрузий: 13 – Кивакка, 14 – Ципринга, 15–17 – Луккулайсваара (15 – Надежда, 16 – Восточное, 17 – Череп); 18, 19 – Ta-Nb-Y пегматиты: 18 – Визиполуостров, 19 – Аскиярви; 20 – Мо-порфировое месторождение Пяяваара; 21 – Cu-Au-порфировое месторождение Лобаш-1; 22 – Мо-порфировое месторождение Лобаш; 23–31 – золоторудные объекты Лехтинской структуры: 23 – Южная Сянда, 24 – Колгваара, 25 – Маслозеро, 26 – Вильямлампи, 27 – Шузезерское, 28 – Риговаракка, 29 – Железные Ворота, 30 – Нигалма, 31 – Тунгуда; 32 – Au Пайозеро; 33 – Ni Пулозеро; 34 – Nb, Ta, La, Ce, Y, Zr, Hf проявления Ельтьозерская площадь; 35 – Zr, Hf, Ce Черное; 36 – Au Рябоярви; 37 – Au, Ag, Cu Медвежья Губка; 38 – PGM, V, Ti, Fe Травяная Губа; 39 – PGM, Au, Ni, Cu Климовское.

Промышленные минералы: 40 – Соколозерская алмазоносная площадь; 41 – Суриваара Ilm; 42 – Никонова Варакка Q; 43 – Степаново озеро Q; 44 – Майское Q. Тикшеозерский массив: 45 – Карбонатитовое Ар, Са; 46 – Восточное Ilm, Ар.; 47 – Хизоваарская структура (Южная Линза Ку, Q, Рх; Северная Линза Ку; Восточная Линза Ку). Проявления гранатовых руд Gr: 48 – Плотина (Ms, Q); 49 – Левин Бор; 50 – Униярви; 51 – Кожручейское; 52 – Кузостровское; 53 – Нигрозеро; 54 – Удинское; 55 – Энгозерское. Месторождения мусковита (Ms, Q): 56 – Малиновая Варакка; 57 – Тэдино; 58 – Слюдозеро; 59 – Карельское; 60 – Межозерное. Месторождения Ms, Peg: 61 – Хетоламбина; 62 – Чкаловское; 63 – Пиртима Ms, Peg; 64 – Охтинское поле; 65 – Ельтьозеро Fsp, Ne; 66 – Нижнее Котозеро Fsp; 67 – Шапкозерское Ol, Du; 68 – Ханкус Ol; 69 – Соваярвинское Са; 70 – Тербеостров Gr, Ку; 71 – Слюдяной Бор Fsp, Peg; 72 – Торлов Ручей Peg; 73 – Роза-Лампи Fsp; 74 – Высота-181 Gr, Ку, Stav.

Обозначения: Ар – апатит, Са – кальцит, Du – дунит, Fsp – полевой шпат, Gr – гранат, Ilm – ильменит, Ку – кианит, Ms – мусковит, Ne – нефелин, Ol – оливин, Peg – пегматит, Рх – пироксен, Q – кварц, St – ставролит, Carb – карбонаты

Fig. 1. Deposits and occurrences of the metals and industrial minerals of the Karelian Arctic.

1 – undivided Jutulian-Ludicovian (2.30–1.92 bln. years); 2 – undivided Sumian-Sariolian (2.5–2.3 bln. years); 3 – greenstone belt complexes (2.88–2.72 bln. years); 4 – complexes in the White Sea District (2.9–1.8 bln. years); 5 – TTG-Karelian complex (Archean basement) (3.0–2.8 bln. years); 6 – layered alkaline-gabbro intrusives with carbonatites (2.07–2.00 bln. years); 7 – granites (2.7–2.65 bln. years); 8 – layered mafic and ultramafic rock intrusives (2.45–2.4 bln. years); 9 – charnockites, granodiorites monzonites (2.778–2.720 bln. years); 10–11 deposits and ore occurrences: 10 – metals, 11 – industrial mineral.

Metals: 1 – Maiskoye Au deposit, 2–12 – U-Au occurrences of the Pana-Kuola structure: 2 – Lagernoye, 3 – Ozernoye, 4 – Kvaritsevoye, 5 – Sieppi, 6 – Isosieppi, 7 – Kautio, 8 – Albite-1, 9 – Heikinvaara, 10 – Ristiniemi, 11 – Korpela, 12 – Suvalampi; 13–17 – Pt-Pd-Au of Olang group of stratified intrusions: 13 – Kuvakka, 14 – Tspringa, 15–17 – Lukkulaisvaara (15 – Nadezhda, 16 – Vostochnoye, 17 – Cherep); 18-19 – Ta-Nb-Y pegmatites: 18 – the Vizi Peninsula, 19 – Askiyarvi; 20 – Pyayavaara Mo porphyry

deposit; 21 – Lobash-1 Cu-Au porphyry deposit, 22 – Lobash Mo-Re porphyry deposit; 23-31 – Au occurrences of the Lehta structure: 23 – South Syanda, 24 – Kolgevaara, 25 – Maslozero, 26 – Vilyamlampi, 27 – Shuezersky Cu-Mo-Au deposit, 28 – Rigovarakka, occurrences: 29 – Zheleznye Vorota, 30 – Nigalma, 31 – Tunguda, 32 – Au Paiozero; 33 – Ni Pulozero; 34 – Nb, Ta, La, Ce, Y, Zr, Hf occurrences in Yeletozero massif; 35 – Chernoye Zr, Hf, Ce; 36 – Ryaboyarvi Au; 37 – Medvezhya Gubka Au, Ag, Cu; 38 – Travyanaya Guba PGM, V, Ti, Fe; 39 – PGM, Au, Ni, Cu Klimovskoe.

Industrial minerals: 40 – Sokolozero diamond area; 41 – Surivaara Ilm; 42 – Nikonova Varakka Q; 43 – Stepanovo Ozero Q; 44 – Mayskoye Q. Tikshozero massif: 45 – Carbonatitovoye Ap, Ca; 46 – Vostochnoye Ilm, Ap. 47 – Hizovarskaya structure (South Lense Ky, Q, Px; North Lense Ky; East Lense Ky; Occurrences of pomegranate ores Gr: 48 – Plotina (Ms, Q); 49 – Levin Bor; 50 – Yniyarvi; 51 – Kozhrucheiskoye; 52 – Kuzostrovskoye; 53 – Nigrozero; 54 – Udinskoye; 55 – Engozerskoye. Muscovite deposits (Ms, Q): 56 – Malinovaya Varakka; 57 – Tedino; 58 – Slyudozero; 59 – Karelskoye; 60 – Mezhozernoye. Ms, Peg deposits: 61 – Hetalambina; 62 – Chkalovskoye; 63 – Pirtima Ms, Peg; 64 – Ohtinskoye Pole; 65 – Yeletozero Fsp, Ne; 66 – Nizhnee Kotozero Fsp; 67 – Shapkozerskoye Ol, Du; 68 – Hankus Ol; 69 – Sovayarvinskoye Carb; 70 – Terbeostrov Gr, Ky; 71 – Slyudyanoy Bor Fsp, peg; 72 – Torlov Ruchei Peg; 73 – Roza-Lampi Fsp; 74 – Hill-181 Gr, Ky, Stav.

Symbols: Ap – apatite, Ca – calcite, Du – dunite, Fsp – feldspar, Gr – garnet, Ilm – ilmenite, Ky – kyanite, Ms – muscovite, Ne – nepheline, Ol – olivine, Peg – pegmatite, Px – piroxene, Q – quartz, St – staurolite, Carb – carbonate

в России по объемам добычи слюды и полевошпатового сырья [5].

Геология и минерагения АЗРК

В геологическом строении территории АЗРК (рис. 1) участвуют структурно-вещественные комплексы Карельского неоархейского кратона, Беломорского мобильного пояса (БМП) и внутриконтинентального палеопротерозойского Северонорвежско-Онежского рифта.

Карельский кратон сложен преимущественно архейскими гранитоидами и коллажированными вулканогенно-осадочными комплексами зеленокаменных поясов (ЗП).

В строении БМП доминируют неоархейские гранитоидные, зеленокаменные и парагнейсовые комплексы.

Северонорвежско-Онежский рифт длительного (2500—1850 млн лет) полициклического развития в пределах АЗРК представлен несколькими структурами (Куоляярвинская и др.), сложенными рифтогенными вещественными комплексами, включая гипабиссальные гранитоидные интрузии и расслоенные мафит-ультрамафитовые массивы (Олангская группа).

Минерагения и соответственно минерально-сырьевой потенциал АЗРК определяются особенностями ее геологического развития и распространенностью в ее пределах металлогенически перспективных литогеодинимических комплексов.

Структурно-вещественные комплексы архейских ЗП, развитые в АЗРК, относятся к системе «внешних» ЗП северо-восточного аккреционного фланга Карельской гранит-зеленокаменной области, считающихся [6] значительно более высокопродуктивными на золото, чем «внутренние» ЗП. Для АЗРК это подтверждается наличием в Пибозерском ЗП Лобашской Au-Mo-порфировой рудной системы с двумя месторождениями — Лобаш (Mo) и Лобаш-1 (Au).

Металлогения Северонорвежско-Онежского рифта (Лапландского палеопротерозойского ЗП) определялась внедрением расслоенных интрузивов Олангской группы (Pt, Pd, Au, Cu, Ni), становлением Елетьозерско-Тикшеозерского щелочно-карбонатитового ком-

плекса (Ti, V, P, Nb, TRE) и накоплением обогащенных Au, МПГ, U и другими металлами черносланцевых толщ и конгломератов, служивших впоследствии базовыми рудными формациями при формировании золоторудных объектов орогенного типа в Куоляярвинской, Шомбозерской и Лехтинской структурах.

Свекофенская эволюция АЗРК определялась эндогенными процессами, сопровождавшими закрытие Лапландско-Кольского океана с образованием крупного коллизионного орогена [7] и формированием системы субмеридиональных сдвиговых зон, ответственных за ремобилизацию рудных концентраций в базовых рудных формациях и образование золотоносных метасоматитов. Золоторудная минерализация этого типа известна в Тикшеозерском ЗП (Верхние Кичаны) [8], такая же и комплексная (Au, U) — в Лехтинской, Шомбозерской и Куоляярвинской структурах, Pt-Pd-Au-Cu-Ni — в БМП (Климовский рудный узел) [9]. Со свекофенским этапом связано также формирование редкометалльных пегматитов (Аськиярви и др.) и месторождений промышленных минералов.

Металлические полезные ископаемые АЗРК

Молибден. В АЗРК известно два молибден-порфировых месторождения — Лобаш и Пяваара (см. рис. 1).

Месторождение Лобаш [10] представлено крупным (2000×750×200 м) кварцево-жильным штокверком в надьинтрузивной зоне не вскрытого гранитоидного массива, прорывающего метавулканиты архея (рис. 2). Возраст оруденения — 2720 ± 36 млн лет (молибденит, Re/Os). Запасы поставленных на Госбаланс молибденовых руд составляют: C₁ + C₂ 204 854 тыс. т, молибдена — 128,1 тыс. т со средним содержанием 0,059 — 0,068% [10]. В молибдените содержится Re (22—70 г/т). Его прогнозные ресурсы — около 12 т. Горнотехнические условия благоприятны для разработки месторождения открытым способом.

Находящееся в 32 км к северо-западу от Лобаша Пяваарское месторождение (см. рис. 1) с прогнозными ресурсами 101,7 тыс. т молибдена [11] и 8,8 т рения (Re 50—80 г/т в молибдените, LA ICP MS) отличается от него более глубокой эродированностью.

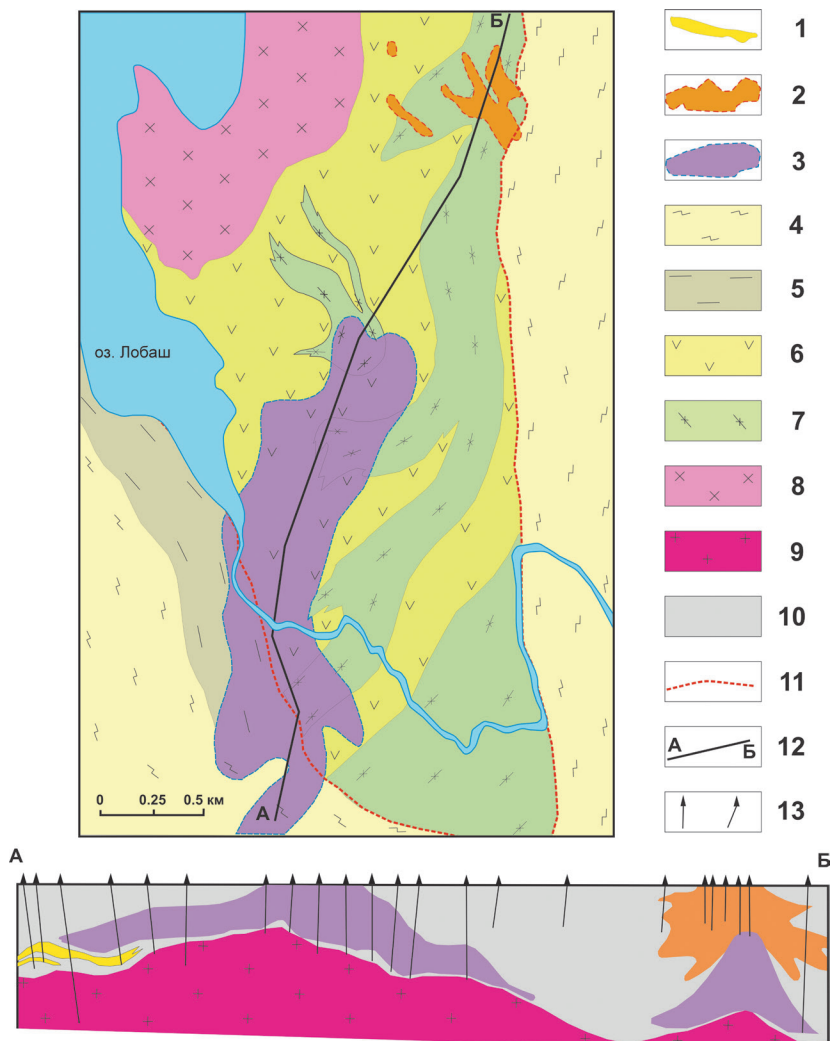


Рис. 2. Схематическая геологическая карта Лобашского рудного поля [10]: 1 – жильные сульфидно-кварцевые тела; 2 – золоторудное месторождение Лобаш-1; 3 – молибденовое месторождение Лобаш; 4, 5 – нижний протерозой: 4 – сланцы кварц-полевошпат-карбонатные, 5 – кварциты и кварцитопесчаники; 6, 7 – верхний архей: 6 – измененные эффузивные и субвулканические породы основного состава, 7 – метавулканы (амфиболовые и биотитовые кварц-плагиоклазовые сланцы); 8 – плагиограниты и гранодиориты; 9 – порфирировидные рудогенные граниты; 10 – нерасчлененная супракрустальная толща (4–7) на разрезе; 11 – граница структурно-стратиграфического несогласия; 12 – линия геологического разреза; 13 – буровые скважины

Fig. 2. Geological sketch map of the Lobash Ore Field [10]: 1 – veined sulphide-quartz bodies; 2 – Lobash-1 gold deposit; 3 – Lobash molybdenum deposit; 4, 5 – Lower Proterozoic: 4 – quartz-feldspar-carbonate schists, 5 – quartzites and quartzitic sandstones; 6, 7 – Upper Archean: 6 – altered effusive and intrusive (subvolcanic) mafic rocks, 7 – metavolcanics (amphibole and biotite quartz-plagioclase schists); 8 – plagiogranites and granodiorites; 9 – porphyreous ore-bearing granites; 10 – undivided supracrustal sequence (4 – 7) cross-sectional view; 11 – structural-stratigraphic unconformity boundary; 12 – geological section line; 13 – boreholes

Золото. В АЗРК золоторудные объекты известны в архейских ЗП — Пибозерском и Тикшеозерском, БМП и на российском продолжении промышленно золотоносных (месторождение Суурикуусикко — добыто более 40 т золота, резерв около 150 т) палеопротерозойских ЗП — Куусамо и Лапландского в Финляндии.

В Пибозерском ЗП расположено золото-порфировое месторождение Лобаш-1 (см. рис. 1), являющееся дистальной частью рудно-магматической системы одноименного гранитного массива (см. рис. 2). Золотоносные карбонат-сульфидно-кварцевые прожилки, зоны прокварцевания и пропилитизации образуют штокверк размером 300×800×300 м в субгоризонтально залегающих метавулканитах в 300—400 м от кровли интрузива [11]. Руды мелкозернистые полисульфидные — галенит, сфалерит, халькопирит, молибденит и др. Сфалерит содержит In (300—610 г/т) и Cd (до 20%), а молибденит — Re (30—70 г/т). Около 90% золота находится в свободной форме, остальное — в рудных минералах (LA ICP MS, г/т): пирит, халькопирит — 0,15—1,5, галенит — 7—14, сфалерит — 0,4—2,8, шеелит — 20—70. Преоблада-

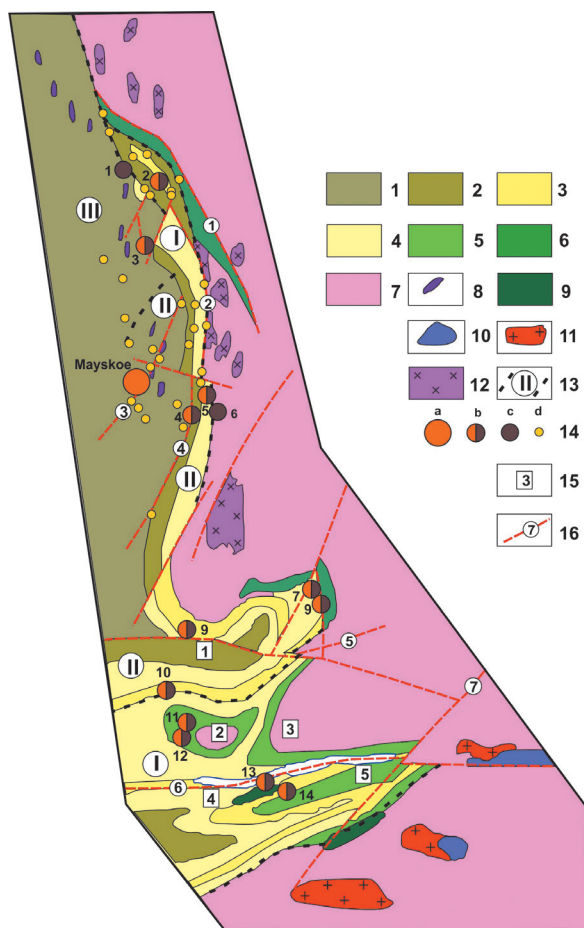
ющий размер золотин — менее 0,15 мм, изредка до 0,8 мм, пробность — 620—950. Запасы золота по C_2 — 5,06 т, серебра — 10,7 т, меди — 4,3 тыс. т [11]. При переоценке (протокол заседания Госкомиссии по запасам полезных ископаемых Роснедра от 17 февраля 2010 г. № 2129) месторождение Лобаш-1 переведено в разряд крупнообъемных комплексных золотосодержащих со следующими содержаниями, запасами и ресурсами: золото — 0,46 г/т, C_2 — 34,4 т, $P_1 + P_2$ — 209,7 т, медь — 0,18%, C_2 — 126,2 тыс. т, $P_1 + P_2$ — 771,8 тыс. т.

В российской части палеопротерозойского ЗП Куусамо в Пана-Куолаярвинской структуре (рис. 3), известны благороднометалльные и золото-урановые рудные объекты [12] в зонах сдвиговых деформаций с низкотемпературными метасоматитами.

Месторождение Майское размещается в восточной части Куолаярвинской структуры (см. рис. 3), сложенной метаморфизованными в фации зеленых сланцев андезибазальтовыми вулканидами, и контролируется субмеридиональной сдвиговой зоной и предположительно не вскрытым эрозией гранитоидным массивом [13].

Рис. 3. Схема размещения золоторудных проявлений в Пана-Куолаярвинской структуре [12]: 1 – суйсарий – базальты, пикробазальты, андезиты и их туфы; 2 – людиковий – алевролиты, туфоалевролиты, углеродистые сланцы, прослои известняков и доломитов; 3, 4 – ятулий: 3 – базальты и их туфы, 4 – песчаники, конгломераты, кварциты, алевролиты, доломиты; 5 – сумий-сариолий – андезиты, андезибазальты, туфы, туфоконгломераты, туфобрекчии, кварцевые порфиры; 6 – биотит-амфиболовые сланцы, амфиболиты; 7 – гнейсы, гранитогнейсы; 8 – гипербазиты; 9 – диабазы, габбродиабазы; 10 – расслоенные перидотит-габбро-норитовые интрузии; 11 – плагиомикроклиновые граниты; 12 – плагиограниты; 13 – границы структурно-металлогенических зон: I – краевая, II – промежуточная, III – центральная; 14 – месторождения золота (а), рудопроявления золото-урановые (б), урановые (с), пункты минерализации золота (d): 1 – Апоярви, 2 – Алим-Курсуярви, 3 – Алакуртти, 4 – Лагерное, 5 – Озерное, 6 – Кварцевое, 7 – Сиеппи, 8 – Исосиеппи, 9 – Каутио, 10 – Альбит-1, 11 – Хейкинваара, 12 – Ристаниеми, 13 – Корпела, 14 – Сувалампи; 15 – крупные структуры: синклинали – Соваярвинская (1), Панаярвинская (4); антиклинали – Рааку-Тунтури (2), Мянтю-Тунтури (3), Минаваарская (5); 16 – разрывные нарушения: Ниваярвинский (1), Восточно-Куолаярвинский (2), Центральный (3), Западно-Куолаярвинский (4), Соваярвинский (5), Панаярвинский (6), Олангский (7)

Fig. 3. Distribution layout of gold occurrences in the Pana-Kuolajarvinsky structure [12]: 1 – Suisarian – basalts, picrobasalts, andesites and thin tuffs; 2 – Ludicovian – aleurolites, black schists, limestone and dolomite interbeds; 3, 4 – Jatulian: 3 – basalts and them tuffs; 4 – sandstones, conglomerates quartzites, siltstones, dolomites; 5 – Sumian-Sariolian – andesites, andesite-basalts, tuffs, tuffaceous conglomerates, tufo-breccia, quartz porphyry; 6 – biotite-amphibole schists, amphibolites; 7 – gneisses, granite-gneisses; 8 – hyperbasic rocks; 9 – diabases and gabbro-diabases; 10 – layered peridotite-gabbro-norite intrusions; 11 – plagiomicrocline granites; 12 – plagiogranites; 13 – boundaries of structural-metallogenic zones: I – marginal, II – intermediate, III – central; 14 – gold deposits (a), gold-uranium occurrences (b), uranium occurrences (c), gold mineralization sites (d): 1 – Apajarvi, 2 – Alim-Kursujarvi, 3 – Alakurtti, 4 – Lagernoe, 5 – Ozernoe, 6 – Kvarzevoe, 7 – Sieppi, 8 – Isosieppi, 9 – Kautio, 10 – Aljbit-1, 11 – Heykinvaara, 12 – Ristaniemi, 13 – Korpela, 14 – Suvalampi; 15 – large structures: Synclines – Sovajarvi (1), Paanajarvi (4); anticlines – Raaku-Tunturi (2), Manty-Tunturi (3), Minavaara (5); 16 – faults: Nivajarvi (1), East Kuolajarvi (2), Tsentralny (3), West Kuolajarvi (4), Savojarvi (5), Paanajarvi (6), Olanga (7).



12 – Ristaniemi, 13 – Korpela, 14 – Suvalampi; 15 – large structures: Synclines – Sovajarvi (1), Paanajarvi (4); anticlines – Raaku-Tunturi (2), Manty-Tunturi (3), Minavaara (5); 16 – faults: Nivajarvi (1), East Kuolajarvi (2), Tsentralny (3), West Kuolajarvi (4), Savojarvi (5), Paanajarvi (6), Olanga (7).

Месторождение представлено двумя крутопадающими кварцевыми жилами (мощность до 5–6 м) протяженностью 250–300 м по простиранию и 60–80 м по падению (рис. 4).

Время формирования оруденения, определенное разными методами, сильно варьирует: K-Ar — 1,71–1,88 млрд лет, Rb-Sr — изохрона 1610 ± 30 млн лет [13], Re-Os по золоту самородному и халькопириту — 397 ± 15 млн лет [14]. Последнее значение отражает, по-видимому, результат термального воздействия девонского щелочного интрузива Саланлатва, расположенного в 16 км к северу от месторождения.

Содержание золота в рудах крайне невыдержанное, от следов до сотен грамм на тонну. Его элементы-спутники — Cu, Pb, Ag, As, Sb, Bi, Mo, W. Руда легкообогатима, свыше 90% золота (размерность 0,01–2 мм, пробность 840–960‰) извлекается гравитационным способом. Его запасы по C_2 до глубины 30 м — 196,8 кг, прогнозные ресурсы по $P_1 + P_2$ — 537 кг и 5,7 т до глубины 300 м по P_3 . В 1995–1997 гг. месторождение Майское раз-

рабатывалось АОЗТ «Вуосна» ЛТД — добыт 51 кг золота [15].

На северо-восточном и юго-западном флангах месторождения выявлены сходные с ним рудопроявления (Пакконтуринъярви, Мустаярви и др.) с содержанием золота до 10 г/т, а к востоку и северо-востоку от него в восточном борту Куолаярвинской структуры — многочисленные проявления и пункты минерализации с преимущественно Au-U (\pm Pt, Pd, Mo) специализацией [12] (см. рис. 3). Молибденит в них anomalously обогащен Re (до 1,2%) и Se (до 15%) [5; 8].

В БМП после определения высоких содержаний Au (до 10 г/т) в беломорских «фальбандах» [16] были обнаружены благороднометалльные проявления в хетоламбинской толще, детально охарактеризованные в работах Всероссийского научно-исследовательского геологического института им. А. П. Карпинского [9], обосновавших выделение здесь перспективного на благородные металлы Климовского рудного узла (см. рис. 1).

Климовский рудный узел представлен субпластовыми горизонтами Au- и МПГ-содержащих



Рис. 4. Частично выработанные кварцевые жилы № 1 (А) и № 40 (Б) Майского месторождения
Fig. 4. Partly worked-out quartz veins No. 1 (A) and No. 40 (B) of Maiskoye deposit

метасоматитов по амфиболитам, являющихся, по-видимому, гетерогенными образованиями, в том числе и измененными породами комплекса лерцолитов-габброноритов. Их формирование контролируется протяженными зонами сдвиговых дислокаций [9] и, вероятно, связано со свекофеннской активизацией (1,85—1,7 млрд лет). Метасоматиты имеют комплексную медно-никелевую (Ni — 0,28—0,5%, Cu — 0,26—1,0%) и золото-платино-палладиевую (Pd — 0,23—1,4 г/т, Pt — 0,16—0,3 г/т), Au (0,3—0,6 г/т) специализацию. Прогнозные ресурсы категорий P₁ + P₂ по Климовскому рудному узлу составляют: Au — 36,4 т, Pt — 19,5 т, Pd — 27,9 т, Cu — 316 тыс. т, Ni — 340 тыс. т [9].

Металлы платиновой группы. Известно несколько перспективных рудопроявлений в *расслоенных интрузивах Олангской группы* (см. рис. 1). Они установлены в зонах относительного обогащения (около 1%) сульфидами в норитовой серии дифференциатов. Кроме собственных минералов МПГ (около 20) с ними ассоциируют минералы ряда кобальтин-герсдорфит с примесью Rh и Pd, Pd-содержащий пентландит, гессит, электрум, золото.

Наиболее значительные рудопроявления с содержанием МПГ до 20 г/т выявлены в массиве Луккулайсваара. По данным компании «Норит», запасы и ресурсы МПГ + Au в целом по этому массиву составляют по категориям P₁ + C₁ + C₂ 74,3 т с содержанием ΣPt, Pd, Au 1,75 г/т, а общие прогнозные ресурсы (P₁ + P₂) благородных металлов по Олангской группе интрузий оцениваются примерно в 200 т, в том числе золота около 20 т [15].

В БМП к потенциально МПГ-никеленосным, кроме комплексных (МПГ-Au-Ni) проявлений Климовского рудного узла и благороднометалльно-титаномагнетитовых рудных объектов (Травяная Губа, Сумашевское) в массивах базит-гипербазитовой формации, относятся также раннепалеопротерозойские образования комплекса лерцолитов-габброноритов

(2,4—2,45 Ma) — формационно-возрастные аналоги расслоенных интрузивов Койлисмаа и Оланги.

Редкие металлы. Известные в пределах АЗРК редкометалльные пегматиты имеют, как правило, комплексную рудную нагрузку, но с низкими содержаниями и незначительными ресурсами [17]. Исключением являются пегматитовые проявления Аскиярви и Визиполуостров на севере Карелии (см. рис. 1), имеющие, по данным ФГУП «Невскеология», высокие содержания суммы редких металлов (Nb, Ta, Zr, Y) 15—30%.

Несколько редкометалльных проявлений известно в Елетьозерском щелочно-габброидном и Тикшеозерском щелочно-карбонатитовом массивах, содержание редких металлов в которых достигает: Nb — 0,5%, Ta — 0,015%, Y — 0,5%, La — 0,1%, Ce — 0,3%, Hf — 0,03%, Zr — 1%, Be — 0,3% [11]. В титаномагнетитовых рудах отмечаются повышенные содержания Nb (около 100 г/т), а во вмещающих их клинопироксенитах — Sc (30—40 г/т).

Неметаллические полезные ископаемые

Месторождения неметаллических полезных ископаемых (мусковита, граната, микроклина, кварца, кианита и др.) на территории АЗРК формировались преимущественно в связи со свекофеннскими эндогенными процессами пегматитогенеза при диафторезе и метасоматозе пород беломорского структурно-вещественного комплекса.

Мусковит. Масштабная добыча слюды в Беломорье началась в 30-х годах XX в. ГОК «Карелслюда» выпускал около половины отечественного мусковита с попутным получением кварцевого и полевошпатового сырья. К настоящему времени известно 34 месторождения мусковита, но ни одно из них не эксплуатируется.

Кардинальные изменения конъюнктуры мирового слюдяного рынка в 90-х годах XX в. привели к ликвидации инфраструктуры слюдяной горнодобывающей

промышленности в Беломорье, пересмотру сырьевых стандартов и переориентации промышленных интересов на дефицитную мелкочешуйчатую (менее 4 см²) маложелезистую слюду и соответственно к поискам ее рентабельных месторождений. Одно из таких месторождений открыто в восточной части Хизоваарской структуры (см. рис. 1).

Керамические пегматиты. На севере Карелии добыча керамического сырья была начата в 1924 г на месторождении Хетоламина, представленного крупными пегматитовыми жилами с содержанием микроклина от 28% до 76%. Имеются резервные участки — Ураккозерская и Кивгубская жильные зоны с прогнозными ресурсами 4,8 млн т. В настоящее время месторождения керамического сырья в арктической Карелии не разрабатываются [18].

Кварц. Все учтенные Госбалансом России запасы кварца в Карелии связаны со слюдяными и слюдяно-керамическими пегматитами Беломорской слюдоносной формации (см. рис. 1). Молочно-белый кварц пегматитовых жил пригоден для производства кварцевой керамики, прозрачного кварцевого и многокомпонентного оптического стекла, кварцевой крупки. Жильный кварц месторождений Северной Карелии может также частично заменить горный хрусталь III сорта (ОСТ 41-01-152-79).

Прогнозные ресурсы кварца АЗРК на перспективных участках БМП (Пиртозеро, Хутор Половина, район Шуерецкого и др.) и Карельского кратона (Рухнаволок, Тухнала, Степаново озеро — Рябовара) составляют соответственно 516 и 63 тыс. т.

Кианит. Кианитовые месторождения и проявления в АЗРК приурочены к глиноземистым гнейсам Чупинского парагнейсового комплекса БМП и к тождественным им по содержанию глинозема гетерогенным породам Северо-Карельского ЗП Карельского кратона (см. рис. 1). Наиболее перспективным кианитовым рудным объектом является Хизоваарское месторождение (см. рис. 1), включенное в промышленную сырьевую базу высокоглиноземистых пород России [19]. В карьере (рис. 5) Южной линзы (длина 950 м, мощность 80—100 м) месторождения проводилась опытная добыча руды с содержанием кианита 10—25%, кварца 75—85%, мусковита 0,5—1%.

Установлено, что керамические формы для литья из карельского кианита в три раза превосходят по прочности подобные изделия из украинского кианит-силлиманита, а его запасы могут полностью обеспечить потребности огнеупорной промышленности страны вместо используемых ныне дорогостоящих электрокорунда, карбида кремния и циркона.

Гранат. На территории АЗРК в пределах БМП гранат выступает в качестве распространенного породообразующего минерала. Его промышленные проявления, образованные в условиях амфиболитовой фации метаморфизма кианитового или кианит-силлиманитового типов [20], приурочены к амфиболитам (Нигрозеро, Южно-Керетское, Левин



Рис. 5. Карьер по добыче кианита на Хизоваарском месторождении
Fig. 5. Kyanite mining quarry at the Khizovaarsky deposit

Бор и др.) и высокоглиноземистым гнейсам (Тербеостров, Удинское, Слюдозеро и др.) чупинской свиты (см. рис. 1). На кианит-гранатовом месторождении Тербеостров содержание граната в амфиболитах варьирует от 2% до 12%, достигая в жедрититах и слюдитах 30—50%.

Наиболее перспективным гранатоворудным объектом Хизоваарской структуры является месторождение «Высота-181», где выделяются гранат-кианит-кварцевые, гранат-кианит-ставролитовые и кианит-кварцевые типы руд с прогнозными ресурсами граната 12 млн т.

Анортозиты. Крупным потенциально-промышленным месторождением этого сырья является Котозерский массив в БМП (см. рис. 1), сложенный в основном огнейсованными метаанортозитами. Геолого-технологические исследования показали принципиальную возможность их обогащения с получением лабрадоритового концентрата высокого качества. Запасов достаточно для организации добычи с годовой производительностью карьера до 100 тыс. т.

Алмазы. В АЗРК к перспективным на алмазы относится Сокологерская площадь (см. рис. 1). В 1980-е годы здесь работами Центрально-Кольской экспедиции при шлиховом опробовании были выявлены алмазы и их минералы-спутники (пироп, хромдиопсид, хромшпинелиды). Зерна алмазов размерностью 0,03—1,0 мм слабо и средне окатаны. Прогнозные ресурсы алмазов по Сокологерской площади составляют 12 млн кар.

Апатит. Апатитовые проявления в АЗРК связаны с Елетьозерским и Тикшеозерским массивами протерозойской щелочно-ультраосновной с карбонатами формации, возраст которых 2080 ± 30 млн лет (U-Pb, циркон, SHRIMP-II) [21] для первого и 1999 ± 5 Ma (U-Pb, бадделеит, SHRIMP-II) [22] для второго. Наиболее широко (площадь выхода около 2 км²) апатитоносные карбонатиты, представляющие интерес для цементной промышленности, развиты в Тикшеозерском массиве. Прогнозные ресур-

Изучение и освоение природных ресурсов Арктики

сы карбонатитовой руды со средним содержанием P_2O_5 4,3% составляют 900 млн т.

Нефелиновые сиениты и щелочные сиениты с суммарным содержанием микроклин-пертита, альбита и нефелина 75—85% слагают два перспективных участка — Северный и Южный в Елетьозерском щелочно-габброидном массиве с прогнозными ресурсами горной массы по категории P_1 9,5 млн т.

Ильменит. В промышленных масштабах ильменитовая минерализация установлена в Елетьозерском и Тикшеозерском массивах — участки Суриваара, Нятоваара и Межозерный с содержанием ильменита, титаномагнетита и магнетита от 10—15% до 80% и TiO_2 в рудах Суриваара от 5% до менее 12%, V_2O_5 — от 0,06% до 0,18%. Запасы составляют более 60 млн т руды со средним содержанием TiO_2 8%, а прогнозные ресурсы до глубины 200 м — 182,5 млн т руды, в том числе TiO_2 около 3,5 млн т [11].

Оливиниты и дуниты. Значительные объемы в пределах Тикшеозерского и Елетьозерского массивов занимают оливиниты, дуниты и оливиновые габбро, являющиеся ценным сырьем для производства форстеритовых огнеупоров. Содержание MgO в некоторых разновидностях пород достигает 45%.

Кварцевый порфир. Месторождение Роза-Лампи (см. рис. 1) представлено двумя штоками лейкократовых кварцевых порфиров общей протяженностью до 1500 м и мощностью 150—400 м. Запасы руды до глубины 30 м оценены в 147 млн т, а выход из нее пригодных для производства высоковольтного электротехнического фарфора полевошпатовых концентратов составляет 45%.

Минерально-сырьевая база Карельской Арктики

Если исходить из определения минерально-сырьевой базы как совокупности запасов и прогнозных ресурсов полезных ископаемых [23], не все известные к настоящему времени рудные объекты на территории арктических районов Республики Карелия могут быть в нее включены. Особенно это касается проявлений редких металлов, характеризующихся в большинстве своем низкими содержаниями и незначительными ресурсами.

Основу минерально-сырьевой базы карельской Арктики составляет неметаллическое сырье — промышленные минералы, а из металлических полезных ископаемых — ресурсы молибдена, золота и металлов платиновой группы (табл. 1).

Заключение

Минерально-сырьевая база карельской Арктики в составе широкого спектра месторождений остро востребованных промышленных минералов и стратегических и дефицитных металлов (см. табл. 1) в настоящее время практически не используется, хотя и имеет реальные предпосылки для долгосрочного развития. По молибдену наращивание ее

ресурсов возможно за счет глубоких горизонтов золото-порфирового месторождения Лобаш-1 (см. рис. 2) и проявлений в Куолаярвинской структуре и БМП (Метчагоя, Придорожное) с высокими содержаниями Mo (до 10%).

Наиболее существенное наращивание ресурсов золота в АЗРК прогнозируется на Южно-Воингозерском участке, примыкающем с северо-запада к площади месторождения золота Лобаш-1, и в Шомбозерской и Лехтинской структурах с многочисленными, но крайне слабо изученными золоторудными проявлениями.

При условии проведения дополнительных научно-исследовательских и поисково-оценочных работ прирост ресурсов МПГ прогнозируется в расслоенных массивах Олангской группы и в апобазитовых метасоматитах БМП (Климовский рудный узел и его аналоги).

Минерально-сырьевая база неметаллических полезных ископаемых карельской Арктики имеет реальные перспективы многократного роста по целому ряду промышленных минералов (высококачистый кварц, мелкочешуйчатый мусковит, гранат, кианит, ильменит, магнезиальное и полевошпатовое сырье и др.). Поскольку в соответствии с мировой конъюнктурой значение этих видов промышленных минералов в мировой экономике минерального сырья имеет достаточно стабильную тенденцию к росту, повышаются и перспективы их промышленного освоения в АЗРК.

Освоению месторождений на территории карельской Арктики благоприятствуют: выгодное географическое положение (европейская часть России, протяженная граница с Финляндией), умеренный климат, развитая транспортная и энергетическая инфраструктура, территориальная общность с крупным горнопромышленным комплексом Кольского полуострова, большой задел в проведении технологических исследований руд и промышленных минералов, наличие в Карелии и соседней Мурманской области учебных центров по подготовке специалистов для горной промышленности.

Препятствующими освоению минерально-сырьевой базы АЗРК обстоятельствами являются: отсутствие комплексной целевой программы по развитию горнопромышленного комплекса карельской Арктики, несовершенство нормативно-законодательной базы по недропользованию, недостаток геолого-экономических исследований по разработке оптимальных схем рационального комплексного экологически безопасного использования минерально-сырьевых ресурсов с организацией глубокой переработки сырья и поиском эффективных форм участия в этом как государства, так и частного бизнеса.

Чтобы получить доступ к минеральным богатствам АЗРК, необходимо реализовать комплексный подход: это и транспорт, и сохранение хрупкой экологии края, и сложность организации жизни и деятель-

Таблица 1. Минерально-сырьевая база Карельской Арктики

Металлы, промышленные минералы	Запасы, ресурсы	Месторождения (М.), проявления (пр.)
Золото	443,8 т	М. Лобаш-1, Майское, пр. Лехтинской, Куолаярвинской и Шомбозерской структур, Тикшеозерского ЗП, БМП, Олангской группы интрузий
Металлы платиновой группы	271,4 т	пр. Олангской группы интрузий, Травяная Губа, Гора Панфилова, Климовский рудный узел
Молибден	240,6 тыс. т	М. Лобаш, Пяяваара
Рений	23,8 т	М. Лобаш, Пяяваара пр. Куолаярвинской структуры
Мусковит мелкочешуйчатый	1,99 млн т	М. Межозерное
Керамические пегматиты	8,2 млн т	М. Уракка, Кив-губа, Чкаловский участок, Блинковые Варакки, Попов Наволок, Кривое озеро, Слюдяной Бор, Торлов Ручей и др.
Кварц высокочистый	4,46 млн т	М. Тэдино, Малиновая Варакка, Плотина, Слюдозеро, Никонова Варакка, Майское, пр. Степаново озеро, Рухнаволок, Хизоваарское, Слюдяной Бор, Пиртостров, Хутор Половина
Кианит	11 млн т	М. Хизоваара Южная линза, Тербеостров, Еловый Наволок, Солохина Луда, пр. Удинское, Кузостровское, В. Хизоваара
Гранат	57 млн т	М. Тербеостров, Еловый Наволок, Солохина Луда, пр. Высота 181, Удинское, участок Гранатовый, Кужручейское, Кузостровское
Ильменит	35 млн т	М. Еletzозерское (Суриваара)
Алмаз	12 млн кар.	Соколезерская площадь
Апатит	62,73 млн т	М. Еletzозерское, пр. Карбонатитовое, Восточное
Нефелиновые и щелочные сиениты	62,3 млн т	М. Северное (Нижнее); пр. Центральный участок, Южный участок
Анортозиты	23,2 млн т	Пр. Нижнее Котозеро
Кварцевый порфир	24 млн т	М. Роза-лампи

Примечание. С использованием данных [11; 18].

ности в особых климатических условиях. Принцип комплексного освоения недр дополняется принципом комплексного освоения территорий с созданием опорных горнопромышленных зон. Такой подход определяет обоснованность предложения по формированию Минерально-сырьевого центра Карельской арктической опорной зоны и совершенствованию методики разработки инвестиционных проектов и процедур их государственной комплексной и экологической экспертиз, направленных на повышение их эффективности.

Работа выполнена при финансовой поддержке программы НИР ПФНИ ГАН на период 2013—2020 гг. (тема № 210) и программы фундаментальных исследований Президиума РАН 1.48 (проект 13).

Литература

1. Додин Д. А. Минерагения Арктики // Литосфера. — 2009. — № 5. — С. 15—35.
2. Dobretsov N. L., Pokhilenko N. P. Mineral resources and development in the Russian Arctic // Russian Geology and Geophysics. — 2010. — Vol. 51, № 1. — P. 98—111.
3. Bortnikov N. S., Lobanov K. V., Volkov A. V. et al. Strategic Metal Deposits of the Arctic Zone // Geology of Ore Deposits. — 2015. — Vol. 57, № 6. — P. 433—453. — DOI: 10.1134/S1075701515060021.
4. Волков А. В., Галямов А. Л., Сидоров А. А. Проблемы освоения минеральных ресурсов Арктики (на примере Чукотки и Аляски) // Арктика: экология и экономика. — 2018. — № 4 (32). — С. 4—14.
5. Щипцов В. В., Иващенко В. И. Минерально-сырьевой потенциал арктических районов Республики Ка-

Изучение и освоение природных ресурсов Арктики

- релия // Тр. КарНЦ РАН. Сер. Геология докембрия. — 2018. — № 2. — С. 3—33. — DOI: 10.17076/geo775.
6. *Kerrich R., Goldfarb R., Groves D. et al.* The characteristics, origin, and geodynamic settings of supergiant gold metallogenic provinces // *Science in China (Series D)*. — 2000. — № 43. — P. 1—68.
7. *Daly J. S., Balagansky V. V., Timmerman M. J., Whitehouse M. J.* The Lapland—Kola orogen: Palaeoproterozoic collision and accretion of the northern Fennoscandian lithosphere // *European Lithosphere Dynamics*. Geological Society. London: Memoirs. — 2006. — № 32 (1). — P. 579—597. — DOI: 10.1144/GSL.MEM.2006.032.01.35.
8. *Калинин А. А.* Золото в метаморфических комплексах северо-восточной части Фенноскандинавского щита. — Апатиты: ФИЦ КНЦ РАН, 2018. — 250 с.
9. *Петров О. В., Шевченко С. С., Ахмедов А. М.* Новые промышленные типы комплексных руд благородных и цветных металлов в докембрии восточной части Балтийского щита // *Материалы Всероссийской конференции «Геодинамика, магматизм, седиментогенез и минерагения Северо-Запада России»*. — Петрозаводск, 2007. — С. 292—296.
10. *Тытык В. М., Фролов П. В.* Молибденовое месторождение Лобаш — крупный перспективный объект в Республике Карелия // Тр. КарНЦ РАН. Сер. Геология докембрия. — 2014. — № 1. — С. 56—62.
11. Минерально-сырьевая база Республики Карелия. — Кн. 1 / Под ред. В. П. Михайлова и В. Н. Аминова. — Петрозаводск: Карелия, 2005. — 278 с.
12. *Афанасьева Е. Н., Харламов М. Г., Липнер А. А. и др.* Отчет по теме № 14 «Составление прогнозно-металлогенической карты на благороднометалльное оруденение Пана-Куолаярвинского прогиба м-ба 1:200 000» // *Фонды ВСЕГЕИ*. — СПб., 2004.
13. *Сафонов Ю. Г., Волков А. В., Вольфсон А. А. и др.* Золото-кварцевое месторождение Майское (Северная Карелия): геологические и минералогические особенности, вопросы генезиса // *Геология руд месторождений*. — 2001. — № 1. — С. 25—40.
14. *Bushmin C. A., Belyatsky B. V., Krymsky R. Sh. et al.* Isochron Re-Os age of gold from mayskoe gold-quartz vein deposit (Northern Karelia, Baltic Shield) // *Doklady Earth Sciences*. — 2013. — Vol. 448, № 1. — P. 54—57. — DOI: 10.1134/S1028334X13010030.
15. *Иващенко В. И., Голубев А. И.* Золото и платина Карелии: формационно-генетические типы оруденения и перспективы. — Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2011. — 369 с.
16. *Гинзбург И. И.* Полезные ископаемые побережья Кандалакшского залива Белого моря // Тр. Север. науч.-промышленной экспедиции [Петроград]. — 1921. — Вып. 7. — 64 с.
17. *Ivashchenko V. I.* Main types of rare metal mineralization in Karelia // *Geology of Ore Deposits*. — 2016. — Vol. 58, № 2. — P. 166—171. — DOI: 10.1134/S1075701515060057.
18. Минерально-сырьевая база Республики Карелия. — Кн. 2. — Петрозаводск: Карелия, 2006. — 356 с.
19. *Огородников В. Н., Коротеев В. А., Войтеховский Ю. Л. и др.* Кианитовые руды России. — Екатеринбург: УрО РАН, 2012. — 334 с.
20. *Щипцов В. В., Бубнова Т. П., Скамницкая Л. С. и др.* Гранатовые руды Карелии. — Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2009. — 208 с.
21. *Шарнов Е. В., Беляцкий Б. В., Богина М. М. и др.* Кристаллогенезис и возраст циркона из щелочных и основных пород Ельтьозерского магматического комплекса, северная Карелия // *Петрология*. — 2015. — Т. 23, № 3. — С. 285—307. — DOI: 10.7868/S0869590315030061.
22. *Corfu F., Bayanova T., Shchiptsov V., Frantz N.* U-Pb ID-TIMS age of the Tikshezero carbonatite: Expression of the 2.0 Ga alkaline magmatism in Karelia, Russia // *Central European J. of Geosciences*. — 2011. — Vol. 3, № 3. — P. 302—308. — DOI: 10.2478/s13533-011-0029-z.
23. *Неженский И. А., Павлова И. Г., Марков К. А. и др.* Российский металлогенический словарь. — СПб.: ВСЕГЕИ, 2003. — 320 с.

Информация об авторах

Иващенко Василий Иванович, кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник, Институт геологии ФИЦ Карельский научный центр РАН (185910, Россия, Петрозаводск, Пушкинская ул., д. 11), e-mail: ivashche@krc.karelia.ru.

Щипцов Владимир Владимирович, доктор геолого-минералогических наук, заведующий отделом минерального сырья, Институт геологии ФИЦ Карельский научный центр РАН (185910, Россия, Петрозаводск, Пушкинская ул., д. 11), e-mail: shchipts@krc.karelia.ru.

Библиографическое описание данной статьи

Иващенко В. И., Щипцов В. В. Минерально-сырьевая база Карельской Арктики — перспективы развития и освоения // *Арктика: экология и экономика*. — 2019. — № 3 (35). — С. 123—134. — DOI: 10.25283/2223-4594-2019-3-123-134.

MINERAL AND RAW MATERIAL BASE OF THE KARELIAN ARCTIC: PROSPECTS OF DEVELOPMENT AND EXPLORATION

Ivashchenko V. I., Shchiptsov V. V.

Institute of Geology of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences (Petrozavodsk, Russian Federation)

The article was received on April 1, 2019

Abstract

The minerageny the Karelian Arctic territory is determined by endogenous processes that developed during the formation of the Archean greenstone belts (Mo, Au, Re), structural-material complexes of the Proterozoic North Norwegian-Onega Rift (Pt, Pd, Au, U) and of the Svecofennian metamorphogenic collage of the White Sea Rift (Pt, Pd, Au, industrial minerals). Its mineral and raw material base as part of a wide range of deposits of highly demanded industrial minerals and strategic and scarce metals is currently practically not used, although it has real prerequisites for its long-term development.

It includes large resources of gold (~ 440 tons), platinum group metals (~ 270 tons), molybdenum (~ 240 thousand tons), kyanite (~ 11 million tons), garnet (~ 60 million tons), feldspar raw materials (8,2 million tons) and other industrial minerals (high-purity quartz, fine-flaked muscovite, ilmenite), as well as non-conventional minerals (quartz porphyry, nepheline and alkaline syenites, anorthosites, olivinities and dunites). The ore objects of the Karelian Arctic, most prepared for industrial exploitation, are porphyritic deposits of molybdenum (Lobash) and gold (Lobash-1) and metamorphogenic — kyanite (Khizovaarskoe) and garnet (Terbeostrov, Hill-181).

The development of the mineral resource base of the Karelian Arctic is promoted by: the territory favorable geographical position; temperate climate; developed transport and energy infrastructure; positive results of ore technological tests of deposits of noble metals, molybdenum and industrial minerals. The development is hampered by the lack of a comprehensive target program for the development of the Karelian Arctic mining complex, imperfect regulatory and legislative framework for subsoil use, lack of geological and economic research to develop optimal schemes for rational, integrated and environmentally safe use of mineral resources coupled with the organization of raw material deep processing and finding the efficient involvement forms for both the state and private business.

Keywords: Arctic zone, Precambrian, Karelia, minerageny, mineral and raw material base, deposit, noble metals, molybdenum, industrial minerals.

The study was funded by the SRP PFNI GAN for 2013—2020 (Project 210) and the RAS Presidium Fundamental Research Programme 1.48 (Project 13).

References

1. Dodin D. A. Minerageniya Arktiki. [Minerageny of the Arctic]. *Litosfera*, 2009, no. 5, pp. 15—35. (In Russian).
2. Dobretsov N. L., Pokhilenko N. P. Mineral resources and development in the Russian Arctic. *Russian Geology and Geophysics*, 2010, vol. 51, no. 1, pp. 98—111.
3. Bortnikov N. S., Lobanov K. V., Volkov A. V. et al. Strategic Metal Deposits of the Arctic Zone. *Geology of Ore Deposits*, 2015, vol. 57, no. 6, pp. 433—453. DOI:10.1134/S1075701515060021.
4. Volkov A. V., Galyamov A. L., Sidorov A. A. Problemy osvoeniya mineral'nykh resursov Arktiki (na primere Chukotki i Alyaski). [Problems of the arctic mineral resources development (in terms of Chukotka and Alaska)]. *Arktika: ekologiya i ekonomika*, 2018, no. 4 (32), pp. 4—14. (In Russian).
5. Shchiptsov V. V., Ivashchenko V. I. Mineral'no-syr'evoi potentsial arkticheskikh raionov Respubliki Kareliya. [Mineral potential of Arctic Karelia]. *Tr. KarNTs RAN. Ser. Geologiya dokembriya*, 2018, no. 2, pp. 3—33. DOI: 10.17076/geo775. (In Russian).
6. Kerrich R., Goldfarb R., Groves D., Garwin S., Jia Y. The characteristics, origin, and geodynamic settings of supergiant gold metallogenic provinces. *Science in China (Series D)*, 2000, no. 43, pp. 1—68.
7. Daly J. S., Balagansky V. V., Timmerman M. J., Whitehouse M. J. The Lapland—Kola orogen: Palaeoproterozoic collision and accretion of the northern Fennoscandian lithosphere. *European Lithosphere Dynamics. Geological Society. London: Memoirs*, 2006, no. 32 (1), pp. 579—597. DOI: 10.1144/GSL.MEM.2006.032.01.35.
8. Kalinin A. A. Zoloto v metamorficheskikh kompleksakh severo-vostochnoi chasti Fennoskandinavskogo shchita. [Gold in metamorphic complexes of a north-east part of the Fennoscandian shield]. *Apatity, FITs KNTs RAN*, 2018, 250 p. (In Russian).
9. Petrov O. V., Shevchenko S. S., Akhmedov A. M. Novye promyshlennye tipy kompleksnykh rud blagorodnykh i tsvetnykh metallov v dokembrii vostochnoi chasti Baltiiskogo shchita. [New industrial types of complex ores of noble and nonferrous metals in the Precambrian eastern part of the Baltic Shield]. *Materialy Vserossiiskoi konferentsii "Geodinamika, magmatizm, sedimentogenez i minerageniya Severo-Zapada Rossii"*. Petrozavodsk, 2007, pp. 292—296. (In Russian).

Изучение и освоение природных ресурсов Арктики

10. Tytyk V. M., Frolov P. V. Molibdenovoe mestorozhdenie Lobash — krupnyi perspektivnyi ob'ekt v Respublike Kareliya. [Lobash molybdenum deposit: a big promising economic deposit in the Republic of Karelia]. Tr. KarNTs RAN. Ser. Geologiya dokembriya, 2014, no. 1, pp. 56—62. (In Russian).
11. Mineral'no-syr'evaya baza Respubliki Kareliya. [Mineral raw material base of the Republic of Karelia]. Kn. 1. Pod. red. V. P. Mikhailova i V. N. Aminova. Petrozavodsk, Kareliya, 2005, 278 p. (In Russian).
12. Afanas'eva E. N. et al. Otchet po teme no. 14 "Sostavlenie prognozno-metallogenicheskoi karty na blagorodnometall'noe orudnenie Pana-Kuolayarvinskogo progiba m-ba 1:200 000". [A forecast metallogenic map of noble metals mineralization of the Pana-Kuolajarvi downfold. Scale 1:200 000. A report on the theme No. 14]. Fondy VSEGEI. St. Petersburg, 2004. (In Russian).
13. Safonov Yu. G., Volkov A. V., Vol'fson A. A., Genkin A. D., Krylova T. L., Churaev A. V. Zoloto-kvartsevoe mestorozhdenie Maiskoe (Severnaya Kareliya): geologicheskie i mineralogicheskie osobennosti, voprosy genezisa. [Maiskoye gold quartz deposit (Northern Karelia): geological and mineralogical characteristics, genesis problems]. Geologiya rud. mestorozhdenii, 2001, no. 1, pp. 25—40. (In Russian).
14. Bushmin C. A., Belyatsky B. V., Krymsky R. Sh. et al. Isochron Re-Os age of gold from mayskoe gold-quartz vein deposit (Northern Karelia, Baltic Shield). Doklady Earth Sciences, 2013, vol. 448, no. 1, pp. 54—57. DOI: 10.1134/S1028334X13010030.
15. Ivashchenko V. I., Golubev A. I. Zoloto i platina Karelii: formatsionno-geneticheskie tipy orudneniya i perspektivy. [Gold and platinum of Karelia: formation and genetic types of mineralization and prospects]. Petrozavodsk, KarNTs RAN, 2011, 369 p. (In Russian).
16. Ginzburg I. I. Poleznye iskopaemye poberezh'ya Kandalakshskogo zaliva Belogo morya. [Mineral resources of the Kandalaksha Bay coast of the White Sea]. Tr. Sever. nauch.-promyslovoi ekspeditsii [Petrograd], 1921, iss. 7, 64 p. (In Russian).
17. Ivashchenko V. I. Main types of rare metal mineralization in Karelia. Geology of Ore Deposits, 2016, vol. 58, no. 2, pp. 166—171. DOI: 10.1134/S1075701515060057.
18. Mineral'no-syr'evaya baza Respubliki Kareliya. [Mineral raw material base of the Republic of Karelia]. Kn. 2. Petrozavodsk, Kareliya, 2006, 356 p. (In Russian).
19. Ogorodnikov V. N., Koroteev V. A., Voitekhovskii Yu. L. et al. Kianitovye rudy Rossii. [Kyanite ores of Russia]. Ekaterinburg, UrO RAN, 2012, 334 p. (In Russian).
20. Shchiptsov V. V., Bubnova T. P., Skamnitskaya L. S., Garanzha A. V., Ruch'ev A. M. Granatovye rudy Karelii. [Garnet ores of Karelia]. Petrozavodsk, KarNTs RAN, 2009, 208 p. (In Russian).
21. Sharkov E. V., Belyatskii B. V., Bogina M. M., Chistyakov A. V., Shchiptsov V. V., Antonov A. V., Lepekhina E. N. Genesis and age of zircon from alkali and mafic rocks of the Elet'ozero Complex, North Karelia. Petrology, 2015, vol. 23, no. 3, pp. 259—280. DOI: 10.1134/S0869591115030066.
22. Sorfu F., Bayanova T., Shchiptsov V., Frantz N. U-Pb ID-TIMS age of the Tikshezero carbonatite: Expression of the 2.0 Ga alkaline magmatism in Karelia, Russia. Central European J. of Geosciences, 2011, vol. 3, no. 3, pp. 302—308. DOI: 10.2478/s13533-011-0029-z.
23. Nezhenskii I. A., Pavlova I. G., Markov K. A. et al. Rossiiskii metallogenicheskii slovar'. [Russian metallogenic the dictionary]. St. Petersburg, VSEGEI, 2003, 320 p. (In Russian).

Information about the authors

Ivashchenko Vasily Ivanovich, PhD of Geology and Mineralogy, Leading Researcher, Institute of Geology, Institute of Geology of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences (11, Pushkinskaya St., Petrozavodsk, Russia, 185910), e-mail: ivashche@krc.karelia.ru.

Shchiptsov Vladimir Vladimirovich, Doctor of Geology and Mineralogy, Head of Department, Institute of Geology, Institute of Geology of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences (11, Pushkinskaya St., Petrozavodsk, Russia, 185910), e-mail: shchipts@krc.karelia.ru.

Bibliographic description

Ivashchenko V. I., Shchiptsov V. V. Mineral and raw material base of the Karelian Arctic: prospects of development and exploration. Arctic: Ecology and Economy, 2019, no. 3 (35), pp. 123—134. DOI: 10.25283/2223-4594-2019-3-123-134. (In Russian).

© Ivashchenko V. I., Shchiptsov V. V., 2019