

УДК 553.493.5+553.493.563+553.493.6(470.22)

ГЛАВНЫЕ РУДНО-ФОРМАЦИОННЫЕ ТИПЫ РЕДКОМЕТАЛЬНОГО ОРУДЕНЕНИЯ КАРЕЛИИ

© 2016 г. В. И. Иващенко

Институт геологии Карельского научного центра РАН

185910, Петрозаводск, ул. Пушкинская, 11

E-mail: ivashche@krc.karelia.ru

Поступила в редакцию 02.06.2015 г.

Редкометальное оруденение в Карелии представлено месторождениями (V, Be, U) и рудопроявлениями (In, Re, Nb, Ta, Li, Ce, La, Y) семнадцати рудно-формационных типов магматической, пегматитовой, альбитит-грейзеновой, гидротермально-метасоматической, осадочной и эпигенетической групп. Основные ресурсы ванадия сосредоточены в Онежском рудном районе – месторождения Падминской группы (556 тыс. т) и Пудожгорского комплекса (1.5 млн т). Редкоземельные проявления характеризуются преимущественно Ce–La-специализацией. Перспективы иттриевой группы редких земель связываются с Елетьозерско-Тикшеозерским щелочным и Салминским анортозит-рапакивигранитным комплексами. Редкометальные пегматиты имеют комплексную рудную нагрузку, но с низкими содержаниями и незначительными ресурсами. Cu–Mo-порфировые месторождения Лобаш и Ялонвара – потенциальные источники рения с содержаниями последнего в молибденах (г/т) 20–70, 50–246 и прогнозными ресурсами – 12 т и 7.5 т соответственно. Содержание (~100 г/т) и металлогенический потенциал индия (~2400 т) в месторождениях Питкярантского рудного района выводят его в разряд наиболее перспективных на индий рудных объектов России. Территория Карелии, несмотря на многообразие проявленного в ее пределах редкометального оруденения, с учетом мировой конъюнктуры на этот вид минерального сырья имеет реальные металлогенические перспективы только на V, U, Re, In, Nb.

DOI: 10.7868/S0016777015060052

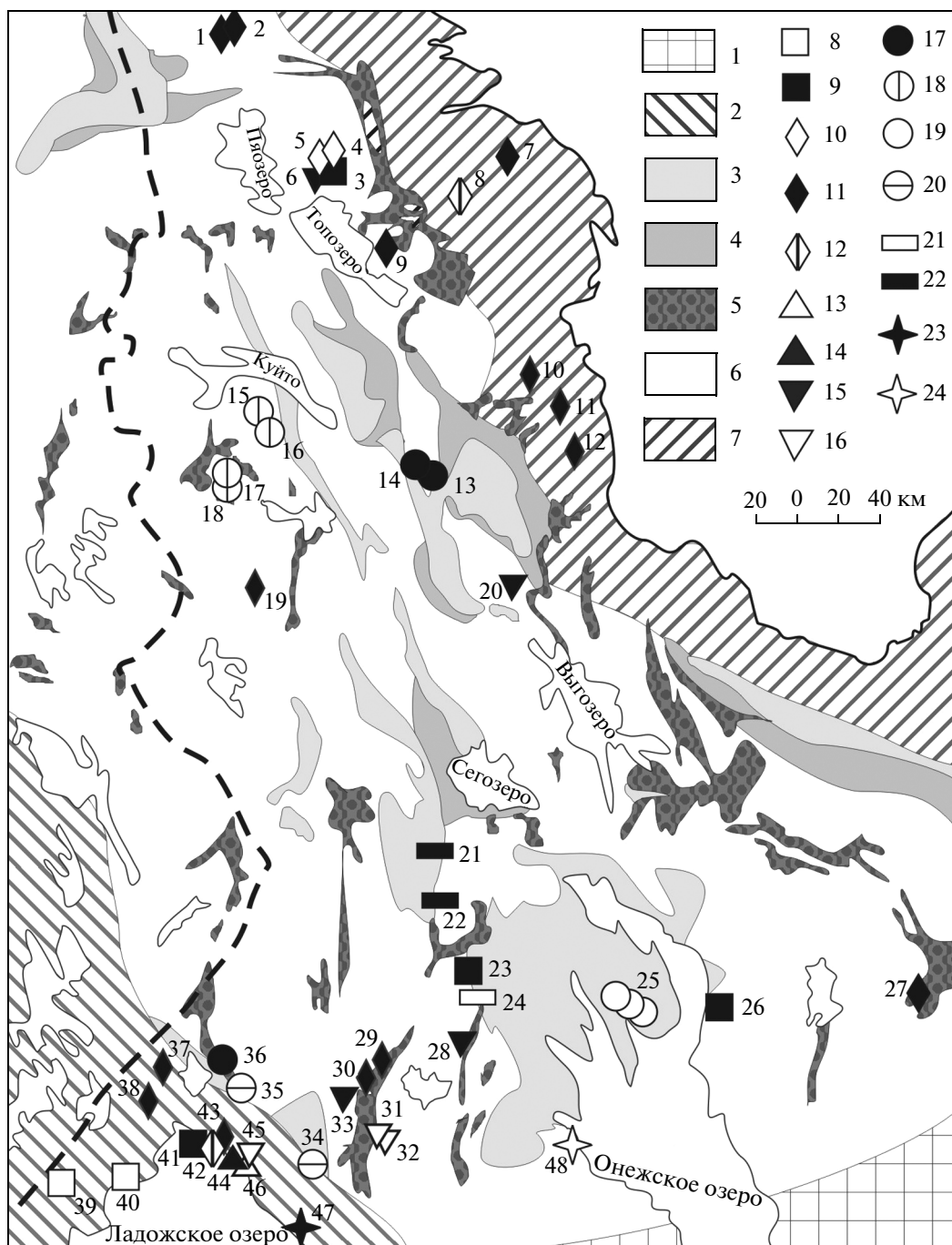
ВВЕДЕНИЕ

Термин “редкие металлы” не имеет канонического определения, а основывается большей частью на исторических и экономических предпосылках – издавна считалось, что эти металлы не образуют крупных месторождений и высоких содержаний в руде. К настоящему времени для многих из них это оказалось несоответствующим действительности. В число редких металлов включается 40–44 химических элемента (Дробот, Буслаева, 2001; Минеральное ..., 1999; Твердохлебова, Усова, 2011), которые принято делить на 5 групп: *легкие* (Li, Be, Rb, Cs); *рассеянные* (Ga, In, Sc, Ge, Cd, Se, Bi, Te); *редкоземельные* (Y, La и все лантаноиды); *тугоплавкие* (Zr, Hf, V, Nb, Ta, Re); *радиоактивные* (Fr, Ra, Ac, Po, Tk, Th, Pa, U и все трансурановые элементы).

Прогрессивное развитие современной промышленности невозможно без редких металлов. Они используются при создании суперсплавов и композитов, беспроводной связи и сверхпроводящей керамики, мощных лазеров, компьютеров и оптических приборов, магнитострикционных устройств и высокоэффективных магнитов, незаменимы в оптико- и микроэлектронике,

термоядерной и солнечной энергетике, при производстве авиационно-космической техники. Материалы, получаемые на основе редких металлов, в силу своих уникальных свойств и влияния на прогресс науки и техники за рубежом, получили название “advanced materials” (улучшенные или продвинутые материалы).

Крупнейшими мировыми потребителями редких металлов являются страны с наиболее развитой экономикой – США, Япония, ФРГ, Англия, Франция. По уровню потребления большинства редких металлов, особенно редкоземельных, Россия отстает от США более чем на порядок (Быховский, 2014). Без редких металлов невозможно внедрение 14 из 27 критических технологий, утвержденных указом Президента РФ от 07.06.2011 г. К стратегическим видам сырья, в должной мере не обеспеченным их производством в России, из числа редких металлов отнесены Ta, Nb, U, Be, TR_Y, Zr, Re, Ge, Sc (Комин, Усова, 2003). В нашей стране сосредоточены 15–30% разведанных мировых запасов редких металлов, однако их минерально-сырьевая база в условиях рыночной экономики оказалась недостаточно эффективной ввиду существенной ее сосредоточенности в экономически неосвоенных районах, часто на Крайнем Севере.



ре, и низкого качества руд по сравнению с эксплуатируемыми зарубежными месторождениями. Все это предопределяет острую необходимость наращивания запасов редких металлов преимущественно в регионах с благоприятными геофаклиматическими условиями и развитой инфраструктурой. В соответствии с теоретическими разработками по эволюции рудообразования во времени (Рундквист, 1989) и результатами многолетних металлогенических исследований научных и производственных организаций на северо-западе

России, одним из таких регионов, перспективных на некоторые виды редкометального сырья, несомненно, является территория Карелии.

МЕСТОРОЖДЕНИЯ И ПРОЯВЛЕНИЯ РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ КАРЕЛИИ

В Карелии известны рудные объекты Li, Be, In, Ce, La, Y, V, Nb, Ta, Re, U (фиг.). Из них только Be, V, U в ранге месторождений. Их рудно-формационная типизация (табл.), осуществленная только

для редкометальной минерализации, отвечающей по запасам и содержаниям категории месторождения или рудопроявления, показала, что многие из известных (Минерально-сырьевая ..., 2005) так называемых “проявлений” оказались не соответствующими этому понятию. В особенности это касается зарегистрированных рудопроявлений редкоземельных элементов цериевой группы (Минерально-сырьевая ..., 2005), так как содержание в них этих элементов во много раз ниже, чем регламентируемое современными классификационными требованиями (Минеральное ..., 1999) для рядовых (3–5%) и бедных (<3%) руд цериевого редкоземельного сырья.

По масштабности, степени изученности и промышленной значимости среди редкометальных рудных объектов Карелии выделяются месторождения ванадия и урана, охарактеризованные в многочисленных публикациях (Минерально-сырьевая ..., 2005; Трофимов, Голубев, 2008; и др.). В отличие от них большинство месторождений и проявлений других редких металлов по многим аспектам являются проблемными с неясными перспективами.

Основные ресурсы ванадия сосредоточены в Онежском рудном районе (фиг.; табл.) — гидротермально-метасоматические месторождения Падминской группы (556 тыс. т) и позднематитовые — Пудожгорского комплекса (1.5 млн т) и частично в Приладожье — черносланцевые проявления Леппясюрское (400 тыс. т) и Ковадъярвинское (Минерально-сырьевая ..., 2005; Трофимов, Голубев, 2008).

Урановые месторождения (Карку, Птицефабрика) размещаются на юге Карелии в Ладужской и Онежской структурах (фиг.). Хотя они и относятся к промышленно перспективной эпигенетической группе месторождений типа несогласий

(табл.), их суммарные ресурсы, по состоянию изученности на сегодня, довольно незначительны — ~10 тыс. т урана (Минерально-сырьевая ..., 2005). Кроме этих месторождений в Карелии имеется ряд перспективных проявлений с уран-благороднометальной минерализацией (Ладужская и Куоляярвинская структуры), по геологическим и минеральным особенностям сходных с уникальным (содержания Au — до 33.2 кг/т, U — до 43.6%) уран-золоторудным месторождением Ромпас в палеопротерозойском сланцевом поясе Перяпохья в Финляндии (Cathelineau *et al.*, 2013).

Редкоземельные проявления Карелии представлены различными рудно-формационными типами (табл.) с преимущественно цериевой специализацией. Однако в связи с высокими промышленными требованиями к рудам такого типа по содержанию легких редкоземельных элементов (Минеральное ..., 1999) большинство этих проявлений представляется абсолютно неперспективными. С проявлениями редких земель иттриевой группы, которых в Карелии насчитывается около 20, положение несколько иное. Исходя из современных научных достижений по минерации редкоземельных металлов (Быховский, 2014; Бавлов и др., 2006; Середин, 2010; и др.), возможные промышленные перспективы могут иметь только рудные объекты, генетически связанные с Елетьозерско-Тикшеозерским щелочным комплексом и Салминским и Улягелским анортозит-рапакивигранитными массивами (фиг.; табл.). В щелочных пегматитах и метасоматитах Елетьозера содержания редких металлов достигают (%): Nb — 0.5%, Ta — 0.015, Y — 0.5%, La — 0.1%, Ce — 0.3%, Hf — 0.03, Zr — 1%, Be — 0.3% (Минерально-сырьевая ..., 2005). Карбонатиты Тикшеозерского массива, представленные в основном севитами при крайне эпизодическом проявлении фоскори-

←
Схема размещения редкометальных рудных объектов на территории Карелии.

1 — платформенный чехол; 2 — Свекофенский складчатый пояс; 3–6 — Карельская гранит-зеленокаменная область: 3 — ятулий, людоиковый, калевий, венский нерасчлененные, 4 — сумий и сариолий нерасчлененные, 5 — лопий, 6 — комплекс архейского основания (TTG); 7 — Беломорский мобильный пояс.

Рудно-формационные типы редкометального оруденения. 8, 9 — позднематитовые: 8 — редкоземельно(Се, La)-фосфатный шошонитовый, 9 — ванадий-титан-железорудный базитовый; 10–12 — пегматитовые: 10 — редкометальный (Nb, Ta ± Zr, Ce, La) щелочноабброидный, 11 — редкометальный (Li, Be, Ta, Nb) гранитогенный, 12 — редкоземельный (Ce, La, Y) гранитогенный; 13, 14 — апоскарново-грейзеновые: 13 — бериллиевый (с гранитами рапакиви), 14 — индий-полиметальный (с гранитами рапакиви); 15 — альбититовый редкоземельный (Y); 16 — грейзеновый редкометальный (Ta, Nb) (с гранитами рапакиви); 17 — порфиновый рений-медно-молибденовый с Au; 18, 19 — субщелочные приразломные метасоматиты: 18 — редкоземельный (Ce, La, Y), 19 — уран-благороднометально-ванадиевый; 20 — черносланцевый молибден-благороднометально-ванадиевый; 21, 22 — конгломератовые: 21 — золото-редкоземельный (Y), 22 — золото-урановый; 23, 24 — эпигенетические инфильтрационные: 23 — урановый типа несогласий, 24 — уран-битумный (в кварцитопесчаниках). Цифры у значков — названия месторождений и проявлений. 1 — Визиполуостров; 2 — Аськярви; 3 — Елетьозеро; 4 — Елетьозерское; 5 — Елетьозерское-1; 6 — Копанецкое; 7 — Плотноламинское; 8 — Кинаж; 9 — Пиртима; 10 — Урам; 11 — Торловручей; 12 — Слюдяноборское; 13 — Лобаш; 14 — Пяяваара; 15 — Руокосалма; 16 — Длинное; 17 — Берег; 18 — Гора; 19 — Кайдоярви; 20 — Ю. Идельское; 21 — Маймъярви; 22 — Совдозерское; 23 — Койкарско-Святнаволоксское; 24 — Черный Наволок; 25 — Падминская группа; 26 — Пудожгорское; 27 — оз. Долгое; 28 — Липчагское; 29 — Вершинное; 30 — Случайное; 31 — Мюзилампи; 32 — Камень Наволок; 33 — Магорярви; 34 — Ковадъярви; 35 — Леппясюрское; 36 — Ялонвара, 37 — Маткасалька; 38 — Туоксыярви; 39 — Элисенваара; 40 — Акионсалми; 41 — Вялимяки; 42 — Нуолайниemi; 43 — Линнавара; 44 — Хопунваара; 45 — Хепаоя; 46 — Люпикко; 47 — Карку; 48 — Птицефабрика.

Рудно-формационные типы редкометального оруденения Карелии

Группа	Класс	Рудно-формационный тип	Минеральный тип	Рудные объекты (содерж., %; ресурс., тыс. т)
Магматическая	Позднемагматический	Редкоземельно (Ce, La)-фосфатный шошонитовый	Титанит-ортит-апатитовый	Элисенвара (Σ Ce, La 0.3 > 1.0) Акионсалми (Σ Ce, La ~ 0.2)
		Ванадий-титан-железородный базитовый	Ильменит-титаномagnetитовый	Пудожгорское (V 0.22; 720) Койкарско-Святнаволоцкое (0.18; 565) Елетьозеро (0.05; 50) Вялимяки (0.33; 430)
Петматитовая	Флюидно-магматогенный	Редкометальный (Nb, Ta, Zr, Ce, La) щелочногаббродный	Пироклор-циркон-колумбитовый	Елетьозерское-1 (Nb 0.13; 1.6; Σ Ce, La 0.36; 61.0) Елетьозерское (Nb до 0.35)
		Редкометальный (Li, Be, Ta, Nb) гранитогенный	Сподуменовый Лепидолитовый Берилловый Танталит-колумбитовый	Вершинное (Ta 0.1; 0.13) Туоксъярви (Li 0.5) Линнавара, Укса (Be до 5.0) Случайное (Ta, Nb 0.02; 0.7) Аськиярви (Ta 1.0 Nb 15.0)
		Редкоземельный (Ce, La, Y) гранитогенный	Эвксенитовый Ксенотимовый	Нуолайниemi (Y 0.1) Кинаж (Y 0.07)
Альбитит-грейзеновая	Апоскарново-грейзеновый	Бериллиевый (с гранитами рапакиви)	Хризоберилл-гельвиновый	ЮЗ Люпикко (Be 0.04; 3.8) Уксинское (Be 0.03; 14.0)
		Индий-полиметальный (с гранитами рапакиви)	Сфалеритовый	Хопунваара (In 0.018; 0.6) Люпикко (In 0.008; 0.018)
	Альбититовый	Редкоземельный (Y)	Фергусонит-перовскитовый Ксенотимовый	Липчагское (Y 0.013; 25.5) Магоръярви (Y 0.1) Ю. Идельское (Y 0.1)
	Грейзеновый	Редкометальный (Ta, Nb) (с гранитами рапакиви)	Танталит-колумбитовый	Хепаоя (Nb 0.03; Ta 0.01) Мюзилампи (Σ Ta, Nb 0.02; 30) Камень Наволок (Nb 0.01)
Гидротермально-метасоматическая	Порфировый	Рений-медно-молибденовый с Au	Молибденитовый	Лобаш (Re* 0.005; 0.012) Ялонвара (Re* 0.015; 0.0075) Пяяваара (Re* 0.0006)
	Субщелочные приразломные метасоматиты	Редкоземельный (Ce, La, Y)	Циркон-монацитовый	Берег, Длинное, Руокосалма (Σ Ce, La до 0.8; Zr до 0.25)
		Уран-благороднометалльно-ванадиевый	Роскоэлитовый	Падминская группа (V 1.4; 210)
	Черносланцевый	Молибден-благороднометалльно-ванадиевый	Роскоэлит-V-биотитовый	Леппясюрья (V 0.15; 177) Ковадъярви (V 0.1; 89)
Осадочная	Конгломератный	Золото-уран-редкоземельный	Уранинит-мартитовый	Пяля, Черный Наволок (Y до 0.22; Zr до 0.6)
		Золото-урановый	Торит-настуран-уранитовый	Маймъярви (U 0.08) Совдозеро, Пизанец (U 0.07) Лобаш (U 0.06)
Эпигенетическая	Инфильтрационный	Урановый типа несогласий	Коффинит-настурановый	Карку (U 0.13; 6.8)
		Уран-битумный (в кварцито-песчаниках)	Коффинит-настуран-антраксолитовый	Птицефабрика (U 0.06; 1.4)

Примечание. Re* — содержание, г/т в молибдените; таблица составлена с использованием данных Карельской ГЭ и ФГУП «Невскгеология».

тов, имеют соответственно низкую степень дифференцированности, что нашло свое отражение и в невысоком содержании редкоземельных элементов в апатитовых рудах — <0.15%.

Грейзенизированные граниты рапакивигранитного комплекса имеют повышенные содержания Y (до 0.41%), Ce, La, объясняющиеся наличием соответствующей минерализации (фергусонит, эшинит, бастнезит, монацит, ксенотим и др.). Такой же тип редкоземельной рудной минерализации характерен для высокотемпературных гидротермалитов зон дробления в западной экзоконтактовой зоне Салминского массива рапакиви — проявления Хирсимяки (Nb — до 0.2%, La, Ce — до 0.15%), Пюттюмяки (Nb — до 0.7%, Zr — до 0.3%, Y — до 0.3%, Sc — до 0.1%), Кореное (Y — 0.2%, Zr — 0.3%).

Крупномасштабность щелочно-габброидных (24–100 км²) и рапакивигранитных (~5000 км²) массивов предопределяет возможность нахождения в пределах площадей их распространения древних и современных рудоносных кор выветривания, имеющих обычно наиболее высокие содержания редкоземельных элементов (Бавлов, Комин, 2006; и др.).

Редкоземельный рудный потенциал посторогенного (1.8 млрд лет) шошонитового магматизма Западного Приладожья (Вуоксинско-Элисенварский комплекс), отличающегося резко выраженной Ce-земельной (ортитовой) специализацией ($\Sigma \text{Ce } 0.2 > 1\%$), в силу этого и в соответствии с современными критериями оценки перспективности редкоземельных руд (Середин, 2010), представляется невысоким.

Широко распространенные на территории Карелии проявления Ta, Nb, Be, Li относятся к двум рудно-формационным группам — пегматитовой и альбитито-грейзеновой (табл.). Редкометалльные пегматиты имеют, как правило, комплексную рудную нагрузку, но с низкими содержаниями и незначительными ресурсами. Изредка встречаются жилы с очень высокими концентрациями редких металлов, сопоставимые с разрабатывавшимися в сопредельной Финляндии (Сомеро-Таммела). Проведение их прогнозно-металлогенической оценки представляется целесообразным. В первую очередь, это проявления Аськиярви и Визиполуостров на севере Карелии (фиг.), имеющие, по данным бороздового опробования ФГУП «Невскгеология», высокие содержания (%): Nb (15–20), Ta (1), Y (2–3), Zr (2–10), U (1.3–1.9), Th (1.2).

Перспективные альбитито-грейзеновые редкометалльные объекты выявлены только в связи с литий-фтористыми гранитами Салминского и Улягского массивов рапакиви — бериллиевые (Хопунваара, ЮЗ Люпикко, Уксинское), тантал-ниобиевые (Мюзилампи, Хепооя), литиевые

(Валкеалампи, Люпикко). Запасы и ресурсы бериллия и ниобия в некоторых из них достигают 110 тыс. т (табл.).

Рений в молибденитовых рудах Карелии, как перспективный промышленный тип оруденения этого одного из самых малораспространенных в земной коре редких металлов, стал рассматриваться только в конце XX века (Богачев и др., 1999). Максимальное содержание рения в молибденитах Карельских проявлений достигает 420 г/т. Промышленно-значимыми рудными объектами на рений могут быть только Cu—Mo-порфировые месторождения Лобаш и Ялонвара (фиг.) с содержаниями рения в молибденитах (г/т) 20–70 (Богачев и др., 1999), 50–246 и прогнозными ресурсами — 12 т и 7.5 т соответственно.

Особой новацией в редкометалльной минерагении Карельского региона является установление собственно индиевой минерализации и высоких содержаний индия (до 0.33%) в полиметаллических рудах Питкярантской группы месторождений (Ивашенко и др., 2011; Valkama, 2009). Наименее высокие и выдержанные содержания индия (1%) установлены в сфалеритах медно-полиметаллических рудных ассоциаций с признаками последующих грейзеновых преобразований из месторождений Нового рудного поля и Люпикко. Среднее содержание индия в рудах этих месторождений составляет ~100 г/т, в сфалерите — 609 г/т. В настоящее время в мире индий добывается исключительно как побочный продукт из полиметаллических руд колчеданных (VMS) и эксгальационно-осадочных (SEDEX) месторождений с невысокими его концентрациями (Alfantazi, Moskalyk, 2003). В России индий добывается из колчеданно-полиметаллических руд месторождений Урала (Гайское, Узельгинское, Сафьяновское и др.) с его содержаниями 10–24 г/т (Гаськов и др., 2014), где на Челябинском цинковом заводе в 2012 г. получено 7 т индия (Tolcin, 2012). Мировое производство индия достигло к 2012 г. 1408 т (более половины приходится на Китай) при цене около 700 дол./кг. Основной формой индия, используемой в промышленности, является индиево-оловянный оксид (ITO), применяемый, главным образом, для изготовления экранов жидкокристаллических мониторов и телевизоров (70% от всего производства In) и светодиодов (25%). Развитие фотогальванических технологий и производство солнечных батарей представляет собой новый быстро растущий сектор потребления индия (Tolcin, 2012). В настоящее время альтернативы индию нет. Учитывая положительную корреляционную связь между содержаниями индия и цинка в Питкярантских месторождениях, металлогенический потенциал одноименного рудного района на индий при утвержденных запасах и ресурсах цинка в ~2500 тыс. т (Минерально-сырьевая ..., 2005) составляет около 2400 т.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, территория Карелии, несмотря на многообразие проявленного в ее пределах редкометального оруденения, с учетом мировой конъюнктуры на этот вид минерального сырья имеет реальные металлогенические перспективы только на V, U, Re, In, Nb. Содержание (~100 г/т) и металлогенический потенциал индия (~2400 т) в месторождениях Питкярантского рудного района (Новое рудное поле), с учетом высокой востребованности данного металла современной мировой промышленностью, выводят его в разряд наиболее перспективных на индий рудных районов России.

Работа выполнена при финансовой поддержке программы Президиума РАН № 5.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бавлов В.Н., Комин М.Ф., Усова Т.Ю.* Программа изучения и воспроизводства минерально-сырьевой базы редких металлов России // Разв. и охр. недр. 2006. № 9–10. С. 6–13.
- Богачев В.А., Петров С.В., Пшеничникова Е.П. и др.* Осмий и рений в молибденидах гранит-порфировых проявлений Карелии // Минерал. 1999. № 1. С. 13–15.
- Быховский Л.З.* Реальные, потенциальные и перспективные источники редкоземельного сырья в России // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2014. № 4. С. 2–8.
- Гасков И.В., Павлова Г.А., Владимиров А.Г. и др.* Индий и другие элементы-примеси в рудах колчеданно-полиметаллических и оловосульфидных месторождений Сибири и Дальнего Востока // Благородные, редкие и радиоактивные элементы в рудообразующих системах: Матер. Всерос. науч. конф. с междунар. участием. Новосибирск. ИНГ СО РАН, 2014. С. 156–162.
- Дробот Д.В., Буслаева Т.М.* Редкие и платиновые металлы в XX–XXI вв. // Рос. хим. журн. 2001. Т. XLV. № 2. С. 46–55.
- Иващенко В.И., Валкама М., Сундблад К. и др.* Новые данные по минералогии и металлогении скарнов Питкярантского рудного района // ДАН. 2011. Т. 440. № 2. С. 229–233.
- Комин М.Ф., Усова Т.Ю.* Минерально-сырьевая база редких металлов России: проблемы и решения // Отч. геология. 2003. № 2. С. 58–62.
- Минеральное сырье. Краткий справочник / Под ред. Орлова В.П. М.: ЗАО “Геоинформмарк”, 1999.
- Минерально-сырьевая база Республики Карелия. Петрозаводск: Карелия, 2005.
- Рундвист Д.В.* Эволюция рудообразования во времени // Эволюция геологических процессов. М.: Наука, 1989. С. 175–183.
- Середин В.В.* Новый метод первичной оценки перспективности редкоземельных руд // Геология руд. месторождений. 2010. Т. 52. № 5. С. 475–480.
- Твердохлебова Т.В., Усова Е.А.* Экономическая глобализация и проблемы национальной и международной безопасности // Пробл. совр. экономики. 2011. № 4. С. 34–37.
- Трофимов Н.Н., Голубев А.И.* Пудожгорское благороднометальное титаномagnetитовое месторождение. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2008.
- Alfantazi A.M., Moskalyk R.R.* Processing of indium: a review // Minerals Eng. 2003. № 16. P. 687–694.
- Cathelineau M., Talbot J.-Y., M.-C. et al.* The atypical Au-(U)-calc-silicate hosted mineralization of Rompas (Northern Finland): fluid-rock interactions and ore genesis // 12th SGA Biennial Meeting 2013. Proceeding, V. 4. P. 1626–1629.
- Tolcin A.C.* Indium (Advance Release) // Minerals Yearbook. U.S. Geological Survey. 2012. P. 35.1–35.8.
- Valkama M.* An ore petrological and geochemical study of the polymetallic skarn ores at Pitkäranta. Geology and mineralogy: Master’s Graduate Thesis. University of Turku: 2009.