

## ЛИТЕРАТУРА

1. Быховский, Л.З. Рудная база стратегических редких металлов России: состояние, перспективы освоения и развития / Л.З. Быховский, Н.А. Архипова // Горный журнал. — 2017. — № 7 — С. 4–10.
2. Государственный доклад «О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2016 и 2017 годах». — М., 2018. — С.: 215–233; 273–288.
3. Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. — М.: МПР Российской Федерации, 2006 г.
4. Кременецкий, А.А. Состояние, проблемы и пути развития МСБ редких металлов / А.А. Кременецкий, Т.Ю. Усова, Е.Н. Левченко // Руды и металлы. — 2009. — № 1. — С. 38–44.
5. Левченко, Е.Н. Повышение эффективности освоения редкометалльных месторождений за счет глубины переработки и комплексности использования минерального сырья / Е.Н. Левченко, Е.А. Калиш // Разведка и охрана недр. — 2012. — № 9. — С. 89–94.
6. Левченко, Е.Н. Технологическая оценка возможности переработки нетрадиционного редкометаллического сырья / Е.Н. Левченко, Д.С. Ключарев // Разведка и охрана недр. — 2014. — № 9. — С. 41–45.
7. Методические рекомендации по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых. — М.: ФБУ ГКЗ «Роснедра», 2007.
8. Нетрадиционные источники получения титана и редких металлов. Геология, методы поисков, разведки и оценки МПИ. Обзорная информация / Л.З. Быховский и др. — М.: ООО «Геоинформцентр», 2003. — 98 с.
9. Основные задачи геохимического картирования и поиски новых источников нетрадиционного редкометаллического сырья / И.Г. Спиридонов, В.А. Килипко, Е.Н. Левченко, Д.С. Ключарев // Разведка и охрана недр. — 2016. — № 9. — С. 115–122.
10. Оценка возможности разработки комплексного уран-молибден-рубиниевого месторождения способом подземного выщелачивания / Ю.В. Культин и др. // Горный журнал. — 2007. — № 6. — С. 47–51.
11. Перспективы обеспечения потребностей высокотехнологичных производств России редкометаллическим минеральным сырьем / Л.З. Быховский и др. // Разведка и охрана недр. — 2016. — № 9. — С. 106–115.
12. Подземное выщелачивание полиэлементных руд / Н.П. Лавёров и др. под ред. Н.П. Лавёрова. — М.: Академия горных наук, 1998. — 446 с.
13. Рений в нетрадиционном сырье: распределение и возможности извлечения / И.Д. Трошкина и др. // Разведка и охрана недр. — 2011. — № 6. — С. 87–90.
14. Klyucharev, D.S. The problems associated with using non-conventional rare-earth minerals / D.S. Klyucharev, N.M. Volkova, M.F. Komyun // Journal of Geochemical Exploration Volume 133, October 2013. — PP. 138–148.

© Коллектив авторов, 2019

Левченко Елена Николаевна // levchenko@imgre.ru  
Быховский Лев Залманович // lev@vims-geo.ru  
Спиридонов Игорь Геннадьевич // imgre@imgre.ru  
Ключарев Дмитрий Сергеевич // sacsaul@gmail.com

УДК: 553.068.56

**Лаломов А.В.<sup>1,2</sup>, Григорьева А.В.<sup>1</sup>, Бочнева А.А.<sup>1</sup>,  
Магазина Л.О.<sup>1</sup>, Чефранов Р.М.<sup>1</sup> (1 — ИГЕМ РАН,  
2 — Пермский государственный национальный  
исследовательский университет)**

### РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫЕ РОССЫПИ ЛОВОЗЕРСКОГО МАССИВА

*Редкие металлы (в число которых входят и редкоземельные) являются важным сырьем, определяющим научно-технический уровень развития промышленности, и в первую очередь ее инновационных технологий. Важным источником редких металлов может служить группа уникальных по генезису и минеральному составу лопаритовых россыпей, связанных с Ловозерским массивом нефелиновых сиенитов. **Ключевые слова:** редкие металлы, россыпи, Ловозерский массив.*

Lalomov A.V.<sup>1,2</sup>, Grigoreva A.V.<sup>1</sup>, Bochneva A.A.<sup>1</sup>, Magazina L.O.<sup>1</sup>,  
Chefranov R.M.<sup>1</sup> (1 — IGEM RAS, 2 — Perm State National  
Research University)

### RARE METAL PLACER DEPOSITS OF LOVOZERO MASSIF

*Rare metals (including rare earth metals) are significant raw materials which determine technical and scientific level of development of the industry; first of all — innovative technologies. An important source of rare metals can be a group of unique in genesis and mineral composition of loparite placers associated with the Lovozero massif of nepheline syenites. **Keywords:** rare metals, placers, Lovozero massif.*

Редкие металлы (РМ) находят широкое применение в современных высокотехнологичных отраслях промышленности — электронике, оптике, энергетике, производстве высоколегированных сплавов и т.д. Область их применения постоянно расширяется. Перспективный прогнозируемый мировой рост потребления РМ составляет около 10 % в год. В настоящее время единственным действующим источником редкоземельных металлов (и значительной части РМ) в России является Ловозерский ГОК, но добыча ведется в сложных горно-геологических условиях при низкой рентабельности существующих разрезов, причем по мере выработки доступных ресурсов сложность горных работ и себестоимость продукции увеличивается. В этой связи возникает насущная потребность в диверсификации сырьевых источников комбината: разработка новых технологических схем переработки традиционных руд, вовлечение в переработку новых видов сырья (эвдиалитового и апатит-лопаритового), переход к добыче руд открытым карьером.

Одним из возможных источников производства продукции комбината могут служить уникальные по своему составу и генезису россыпи лопарита, расположенные по периферии Ловозерского массива. Наиболее перспективным является Ревдинское россыпное месторождение (Шомиокский, Ревдинский и Сергеевский участки), приуроченное к северным предгорьям массива. Оно в первую очередь и является предметом настоящего исследования.

### Геологическое строение и рудоносность Ловозерского массива

Ловозерский массив относится к позднедевонскому комплексу щелочных и нефелиновых сиенитов. Вмещающими являются докембрийские гранито-гнейсы. По данным геофизических исследований массив имеет крутое падение, причем щелочные породы прослеживаются на глубину более 7 км [8].

Основными фазами в составе массива являются дифференцированный комплекс лопаритоносных лувритов-фойялитов-уртитов и комплекс эвдиалитовых лувритов, слагающих верхнюю часть массива. Слои (горизонты) нефелиновых сиенитов залегают согласно, почти горизонтально, падение их к центру массива под углами не более 10–15°. Лопаритовое оруденение приурочено к верхней и нижней зонам дифференцированного комплекса. В верхней зоне



**Рис. 1. Схематическая геологическая карта Ловозерского массива со снятыми четвертичными отложениями:** 1 — эвдиалитовые лувриты нерасчлененные; 2 — дифференцированный комплекс лопаритовых лувритов-фойялитов-уртитов; 3 — вмещающий докембрийский гранитогнейсовый комплекс; 4 — рудные горизонты; 5 — редкометалльные россыпи: 1–3 — Ревдинская россыпь, участки: 1 — Шомиокский, 2 — Ревдинский, 3 — Сергеваньский; 4 — Сейдозерская, 5 — Райяврская (по материалам [4])

находится горизонт малиньитового состава, мощностью около 20 см, содержащий до 25 % лопарита. В нижней — имеется несколько рудных горизонтов уртитов и реже лувритов, содержащих промышленные концентрации лопарита. Потенциально рудоносный комплекс эвдиалитовых лувритов представлен пластообразной интрузией, прорывающей и перекрывающей породы дифференцированного комплекса. На заключительном этапе становления массива появляется комплекс даек щелочных лампрофиров [1].

#### Строение и состав толщи рыхлых отложений и продуктивного пласта

Лопаритовые россыпи в пределах Ловозерского массива и на его флангах расположены по северной периферии плутона (Шомиокский, Сергеваньский и Ревдинский участки), на его южном склоне (Райяврская) и у восточного подножья (участки Губы Мотка и Прибрежный), а также на востоке центральной котловины на перемычке между озерами Сейдозеро и Ловозеро (рис. 1).

Местоположение россыпей контролируется участками максимального вскрытия лопаритовых пород дифференцированного комплекса (ледниковыми карами и долинами, поставлявшими фрагментированный обломочный материал в зону предгорий) и элементами рельефа, благоприятными для накопления лопарита: локальные депрессии коренного ложа по северному и южному обрамлению массива, обработанная ледником и впоследствии занятая подпрудным озером центральная Сейдозерская котловина, береговая зона оз. Ловозеро [7].

В разрезе рыхлых отложений северного обрамления массива выделяются три основных комплекса, соответствующие основным этапам развития региона в кайнозое: доледниковые элюви-

ально-склоновые мезозой-кайнозойские отложения e-d MZ-N (?), флювиогляциальные  $fgQ_{III}^{1-2}$  и моренные  $gQ_{III}^{1-2}$  отложения местного горного оледенения и перекрывающая морена покровного оледенения  $gQ_{III-IV}^{3-1}$ . Эти основные комплексы, в свою очередь, подразделяются на более дробные разности. В доледниковом комплексе выделяются элювий, развитый на гнейсовом субстрате, включающем локально проявленные первичные каолины, и доледниковый склоновый комплекс, в котором выделяются образования преимущественно гнейсового и нефелинового составов.

В толще местного горного оледенения прослежены флювиогляциальные отложения и перекрывающая их морена, в которой преобладает обломочный материал щелочных пород местного происхождения. Флювиогляциальные отложения преобладают во внешней (по отношению к массиву) части россыпи; ближе к склону Ловозерского массива и на возвышенностях преобладает морена. Флювиогляциальные отложения характеризуются валунно-галечно-гравийно-песчаным составом и повышенной по отношению к морене сортированностью отложений. Обломочный материал — средней окатанности. Состав морены — валунно-галечный с супесью и суглинком. Мощность отложений горного оледенения достигает 40–50 м.

Верхняя часть разреза рыхлых отложений сложена мореной покровного оледенения мощностью от 0,5 до 25 м, увеличение мощности происходит по мере удаления от склонов массива и с запада на восток. Отложения представлены валунно-галечным суглинком с линзами сортированных и промытых песчано-гравийных осадков флювиогляциального генезиса (табл. 1).

Валунистость продуктивных отложений уменьшается от 12–30 % в южной части россыпи до 0–13 % (среднее 5 %) в северной части участка. В разрезе наиболее валунистой является верхняя часть пласта.

#### Строение россыпи

Продуктивный пласт россыпи приурочен к отложениям склонового комплекса, содержащим обломочный материал местных щелочных пород, флювиогляциальным отложениям и морене местного горного оледенения. Отложения элювиально-склонового комплекса, развитые по гранитогнейсовым породам и отложения покровного оледенения слабо металлоносны, содержание в них лопарита редко превышает 1 кг/м<sup>3</sup>.

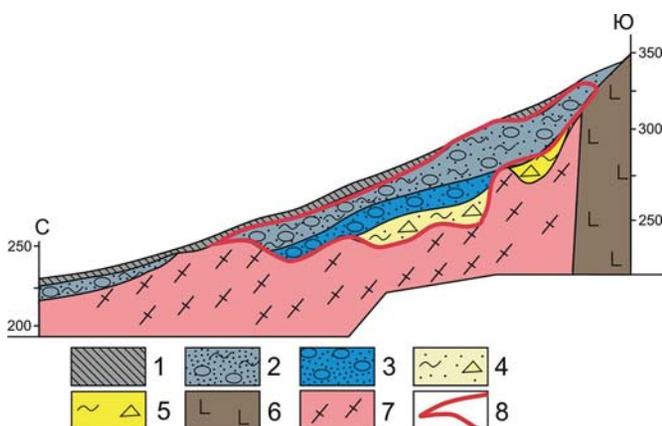
Наибольшие содержания приурочены к нижней части продуктивного пласта — склоновым отложениям с галькой щелочных пород: среднее содержание лопарита в этом комплексе 18,8 кг/м<sup>3</sup>. Этот тип делювия является наиболее богатой стратиграфической и генетической разностью рыхлых отложений, включа-

**Таблица 1**  
**Гранулярный состав отложений Шомиокской россыпи (по материалам [4])**

Горизонт	Распределение классов, % (классы в мм)									
	>400 мм	400–200	200–100	100–50	50–20	20–5	5–2	2–1	1–0,1	<0,1 мм
Торфа	6,0	8,4	2,1	6,5	9,0	6,8	6,3	4,7	26,1	23,8
Пески	2,9	6,1	1,7	7,6	11,4	4,7	10,2	6,8	25,9	22,7

**Таблица 2**  
**Сводная таблица параметров россыпей (участков) Ревдинского месторождения**

Участок	Бортовое содержание лопарита, кг/м <sup>3</sup>	Минимально-промышленное содержание лопарита, кг/м <sup>3</sup>	Мощность, м		Среднее содержание лопарита, кг/м <sup>3</sup>	Категория запасов
			торфов	песков		
Шомиокский	2,5	3,9	8,1	17,1	4,5	A+B+C <sub>1</sub> +C <sub>2</sub>
Сергеваньский	2,0	2,77	11,8	22,65	3,9	C <sub>1</sub> +C <sub>2</sub>
Ревдинский	2,0	2,77	19,25	26,85	3,3	C <sub>2</sub>
Итого			11,5	20,7	3,9	



**Рис. 2. Обобщенный разрез рыхлых отложений северного склона и предгорий Ловозерского массива:** 1 — морена покровного оледенения  $Q_{III}^{3-IV}1$ ; 2 — морена горного оледенения с обломками местных щелочных пород  $Q_{III}^{1-2}$ ; 3 — флювиогляциальные отложения горного оледенения  $fQ_{III}^{1-2}$ ; 4 — склоновые отложения кайнозоя (неогена ?) с обломками местных щелочных пород (dN (?)); 5 — элювиально-склоновые отложения мезозоя-кайнозоя (?), развитые по породам гранитогнейсового комплекса (e-d MZ-N (?)); 6 — палеозойские щелочные породы (PZ); 7 — породы гранитогнейсового архейского комплекса (AR); 8 — россыпь лопарита

емой в состав продуктивного пласта россыпи. В структуре запасов этот комплекс составляет около 5 %.

Отложения нижней части флювиогляциальных отложений и морены местных ледников несут в себе повышенную концентрацию лопарита и содержат основную часть промышленных запасов Ревдинской россыпи. При этом максимальные мощности пласта флювиогля-

циальных галечников и максимальные содержания лопарита (до 35 кг/м<sup>3</sup>) отмечаются в депрессиях коренного рельефа. В верхней части комплекса содержания лопарита уменьшаются и колеблются от 0,5 до 8,5 кг/м<sup>3</sup>. Часть верхней толщи включается в состав промышленного пласта, при этом про-

исходит значительное разубоживание содержания в нем лопарита.

Россыпное месторождение охватывает почти всю территорию развития шлейфа отложений местных ледников в северных предгорьях Ловозерского массива. В плане россыпь была оконтурена по минимально-промышленному содержанию 3,9 кг/м<sup>3</sup> для Шомиокского участка и 2,77 кг/м<sup>3</sup> для Сергеваньского и Ревдинского при коэффициенте вскрыши 0,5 (табл. 2).

В районе меридионально-ориентированного поднятия коренного ложа между Ревдинским и Сергеваньским участками наблюдается падение содержаний лопарита, уменьшение мощности продуктивного пласта и разрыв контура. В разрезе россыпь представляет собой полого залегающее тело (уклон 0,08–0,04) мощностью от 2,0 до 34,2 м (рис. 2). Она выполняет корытообразную впадину в рельефе плотика. Южной границей россыпи является склон массива, западной и северной — возвышенности в рельефе кристаллических пород, на востоке граница ныряет под чехол покровной морены и ограничена по разведочным данным из-за увеличенной мощности торфов. Верхняя и нижняя границы пласта определяются по данным опробования, при этом нижняя граница часто совпадает с геологическим контактом ледниковых отложений и делювия с обломками щелочных пород с кристаллическими породами, элювием и делювием гнейсового состава. Рельеф плотика ровный с общим уклоном на север.

Наличие обломочного материала местных щелочных пород является очень хорошим индикатором продуктивных отложений: корреляция гальки нефелино-

**Таблица 3**  
**Минеральный состав песчаной фракции различных генетических типов рыхлых отложений Шомиокского участка (по материалам [4])**

Комплекс*	Состав песчаной фракции 1–0,1 мм, вес. %									
	Минералы нефелиновых сиенитов				Минералы нефелиновых сиенитов и гнейсов				МГГК**	
	Эгирин	Нефелин	Лопарит	Рамзаит	Ильменит	Циркон	Апатит	Сфен	л.ф.	т.ф.
1	12,2	9,49	0,22	0,01	0,04	0,03	0,08	0,59	75,3	1,00
2	25,5	10,09	1,81	0,13	0,01	0,04	0,17	0,30	60,9	0,72
3	11,1	4,32	0,30	0,18	0,13	0,09	0,03	0,07	80,7	2,48
4	3,6	1,27	0,05	0,00	1,14	0,09	0,01	0,03	92,9	1,54

\*Комплексы отложений: 1 — морена покровного оледенения  $Q_{III}^{3-IV}1$  (торфа) (10 проб); 2 — морена, флювиогляциальные отложения местного горного оледенения  $Q_{III}^{1-2}$  и доледниковый делювий с материалом нефелиновых сиенитов — d<sub>1</sub>N (пром. пласт) (44 пробы); 3 — доледниковый делювий с обломочным материалом гнейсового состава и переотложенные каолины dN (пром. пласт) (15 проб); 4 — доледниковый элювий на гнейсовом субстрате и первичные каолины eN–MZ (?) — плотик (5 проб).

\*\*МГГК — минералы гранитогнейсового комплекса (л.ф. — легкая фракция — кварц, слюда, полевой шпат, обломки пород; т.ф. — тяжелая фракция — амфиболы, эпидот, магнетит, гранат, полевой шпат.

**Таблица 4**  
**Распределение лопарита Шомиокской россыпи в песчаном классе по крупности (по материалам [4])**

Параметры	Классы крупности песка, мм			
	>0,56	0,56-0,28	0,28-0,14	<0,14
Выход класса, %	30,39	35,41	24,31	9,89
Содержание лопарита, %	0,56	1,21	1,23	4,43
Распределение лопарита, %	16,45	37,51	26,83	19,20

**Таблица 5**  
**Содержание полезных компонентов в россыпных и коренных месторождениях Ловозерских тундр (по материалам [4])**

Объект	Содержание окислов, % вес.					
	Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Сумма TR <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ThO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	SrO
Россыпи						
Шомиокская	8,67	0,62	33,3	0,53	39,9	2,23
Сергеваньская	8,86	0,63	32,6	0,57	40,5	2,83
Ловозерское месторождение, верхний рудный горизонт						
малиниты	9,14	0,67	32,2	0,72	40,2	2,90
уртиты	8,99	0,62	32,6	0,65	40,7	2,51
Ловозерское месторождение, нижние рудные горизонты						
	6,69	0,59	35,8	0,49	41,3	0,56

вых сиенитов и других пород Ловозерского массива с содержанием лопарита равна 0,46 (предельное значение для 70 определений при доверительной вероятности 0,99 равно 0,302).

#### Минеральный состав продуктивных отложений

В составе россыпывещающей толщи выделяются специфические минералы нефелиновых сиенитов, минералы гранитогнейсового комплекса и сквозные минералы, встречающиеся во всех типах пород (табл. 3). Отчетливо прослеживается отрицательная корреляция содержания лопарита и минералов гранитогнейсового комплекса. Основным полезным компонентом ловозерских россыпей является лопарит, представленный преимущественно свободными зернами, преобладающий размер от 0,05 до 0,8 мм. Распределение лопарита по классам крупности песка приведено в табл. 4.

Лопарит — высококомплексное редкометалльное сырье. В лопарите ловозерских россыпей содержится (%): Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> — 8,3; Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> — 0,67; TiO<sub>2</sub> — 39,8; ΣTR<sub>2</sub>O<sub>3</sub> — 34,9, что весьма близко к составу лопарита коренных руд (табл. 5).

В процессе полевых работ 2018 г. на Ревдинской россыпи были опробованы отложения торфов и верхней части песков Шомиокского и Сергеваньского участков с поверхности на глубину до 0,5–1 м. Пробы начальным весом 8–10 кг были промыты на лотке до черного шлиха весом 20–46 г. Содержание минералов в шлихах по данным лаборатории ИГЕМ РАН (минералог А.В. Григорьева) приведено в табл. 6.

Ряд минералов был исследован в лаборатории ИГЕМ РАН на сканирующем электронном микроскопе JSM-5610LV (Япония), оснащенный энергодисперсионным спектрометром INCA Energy-450 (Великобритания) (оператор Л.О. Магазина).

Минералы РЗЭ в пробах содержатся, как правило, в виде включений в других минералах. В свободном состоянии был обнаружен только лопарит, который присутствует в пробах в количестве менее 1 об. % в виде хорошо образованных сдвойникованных кристаллов, причем, размеры зерен достигают 0,8 мм. Цвет кристаллов черный с высоким блеском, по поверхности отмечены присыпки глинистых минералов и слюдистых агрегатов (рис. 3).

Преобладающими минералами в изученных пробах являются *моноклинные пироксены*, которые по химическому составу отвечают ряду эгирин-авгита и эгирина. Кроме того, около 5 об. % от общего количества пироксенов составляет минерал черного цвета, который в сколе темно-коричневый с красноватыми отблесками. По химическому составу этот минерал соответствует эгирину, но в значительной степени обогащен титаном, содержание которого достигает 10 масс. %. В этой разновидности часто концентрируются минералы редких земель, преимущественно их оксиды (рис. 4).

**Таблица 6**  
**Содержание минералов в шлихах торфов Ревдинского месторождения**

Минералы	Содержание минералов в шлихе, %	
	Шомиокский уч-к	Сергеваньский уч-к
Магнетит+титаномагнетит	6,29	5,47
Ильменит+Мп-ильменит	6,55	5,11
Гр. пироксенов	34,14	40,60
Гр. амфиболов	7,62	8,08
Гранат	15,73	14,54
Сфен	8,38	4,73
Эпидот	3,83	6,11
Апатит	2,48	1,59
Монацит	зн	зн
Циркон+метамикт.циркон	0,94	зн
Кианит	1,27	зн — 1,99
Оливин	зн	—
Гр. цеолитов	зн — 1,12*	—
Хромшпинелиды	зн	—
Турмалин	зн	—
Биотит+флогопит	зн — 0,37	—
Слюдистые агрегаты	0,35	0,06
Хлорит	0,31	0,10
Нефелин	0,23	—
Ставролит	0,44	—
Минералы Та-Nb и REE**	зн — 0,82	зн

\* от «знаков» до 1,12 %

\*\* лопарит, оксиды и фосфаты РЗЭ, тантало-ниобаты



рекламированных месторождений крайне невысокая. Но и Ловозерский ГОК испытывает трудности горно-технологического характера по ряду позиций, и, таким образом, проблемы и перспективы Ловозерского ГОКа имеют не локальное, а общероссийское значение.

В этой связи настоящей является проблема диверсификации источников рудного сырья и поиск экономически оптимальной стратегии развития как комбината, так и производства редкометалльной продукции России.

Доля россыпей в балансе добычи превышает (иногда в 2–3 раза) долю в балансе запасов. Это относится как к россыпям в целом, так и к редкометалльным россыпям в частности [3]. Объясняется это относительной технологической простотой извлечения полезных компонентов из россыпных руд, повышенной рентабельностью месторождений и быстрой окупаемостью вложений, что делает россыпи первоочередными объектами при освоении новых или реанимации старых рудно-россыпных площадей.

Разведанные запасы Ревдинской россыпи по объему сопоставимы с запасами разрабатываемого Ловозерским ГОКом месторождения Карнасут или составляют порядка 15 % общих запасов и ресурсов всего массива (месторождения Карнасут, Умбозеро, Аллуайв и Чинглусуай) [8]. Содержание лопарита в россыпях (3,9 кг/м<sup>3</sup> или приблизительно 0,2 %) на порядок меньше плановых показателей по коренным рудам комбината, но и затраты на добычу и обогащение россыпных руд также значительно меньше. Коэффициент вскрыши в среднем по Ревдинской россыпи составляет около 0,5 (табл. 2), в некоторых местах промысленный пласт выходит на поверхность. В схеме обогащения россыпей отсутствует операция дробления, на которую затрачивается около 50 % потребляемой энергии.

Потенциально перспективным объектом являются техногенные отвалы — хвосты обогащения Ловозерского ГОКа. По данным обогащательной фабрики ГОКа объем текущих хвостов хвостохранилища Карнасут-2 за период 1989–2018 гг. (извлечение полезного компонента из руды 79,5–80 %) составляет около 8,5 млн м<sup>3</sup>. Учитывая содержание полезных компонентов в обрабатываемых рудах и извлечение лопарита в концентрат на уровне 80 % [6], можно предположить содержание в отвалах Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> — 0,07 %, Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> — 0,005 %, ΣTR<sub>2</sub>O<sub>3</sub> — 0,27 %. Хвостохранилище Карнасут-1, куда сбрасывались хвосты до 1989 г., сопоставимо по объему с Карнасут-2, при этом в силу более высоких содержаний в начальный период отработки месторождения (3,5 %) и извлечения 78 %, содержание лопарита в хвостах предполагается выше современных.

#### **Заключение**

Редкометалльные россыпи Ловозерского массива являются уникальными объектами, особенности которых определяются составом коренных проявлений редкометалльной минерализации, мобилизацией вещества в условиях местного горно-долинного оледе-

нения и отложением его в динамически и геоморфологически благоприятных условиях горного обрамления Ловозерского массива.

В настоящее время основные перспективы развития минерально-сырьевой базы направлены, как правило, на коренные объекты; тем не менее, россыпные месторождения обладают значимым потенциалом и по ряду позиций могут в короткие сроки (что особенно важно в сложившейся международной обстановке) в значительной мере обеспечивать потребности России.

Это в полной мере относится к ловозерским редкометалльным россыпям и в первую очередь к Ревдинской группе. Россыпи южного и восточного флангов массива (Райяврская, Сейдозерская и уч. Прибрежный) уступают россыпям Ревдинской группы как по запасам, так и по содержаниям, которые в силу своей легкой доступности и хорошей обогатимости могут рассматриваться как важный резерв обеспечения сырьевой базы Ловозерского ГОКа [2]. Поэтому в настоящий момент было бы важно провести исследование целесообразности разработки редкометалльных россыпных объектов Ловозерского массива.

*Авторы выражают благодарность руководству и сотрудникам Ловозерского ГОКа: генеральному директору А.В. Матыцыну, главному геологу О.А. Мамцевой, геологу рудника А.М. Захожему и начальнику обогащательной фабрики «Карнасут» В.М. Совкину за оказанное содействие в проведении полевых исследований. Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 18-05-00113.*

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Когарко, Л.Н. Проблемы генезиса гигантских редкометалльных месторождений Кольского полуострова / Л.Н. Когарко / Российская Арктика: геологическая история, минералогия, экология. — СПб.: ВНИИОкеангеология, 2002. — С. 773–787.
2. Коноплева, Н.Г. Технично-экономическое обоснование временных кондиций на руды Ревдинского россыпного месторождения лопарита / Н.Г. Коноплева. — Л., 1989. — 276 с.
3. Лаломов, А.В. Редкометалльный потенциал россыпей и кор выветривания Российской Арктики / А.В. Лаломов, А.А. Бочнева // Арктика: экология и экономика. — 2018. — № 4. — С. 84–99.
4. Лихачев, А.С. и др. Отчет о детальной разведке Шомиокского участка Ревдинского россыпного месторождения лопарита с подсчетом запасов по состоянию на 01.07.1980 г. ПГО Севзапгеология, Мурманская ГРЭ. Апатиты, 1980.
5. Пеков, И.В. Ловозерский массив: история исследования, пегматиты, минералы / И.В. Пеков — М.: ТО «Земля». — 2001. — 464 с.
6. Прогнозно-геологические модели месторождений и их прикладное значение (черные, цветные, редкие, легирующие металлы и нерудное сырье): ниобий / Науч. ред. А.Б. Халезов // Минеральное сырье. Сер. № 10. — М.: ВИМС, 2011. — 23 с.
7. Россыпные месторождения России и других стран СНГ / Отв. ред. Н.П. Лаверов, Н.Г. Патык-Кара. — М.: Научный мир, 1997. — 479 с.
8. Семенов, И.Е. Минералогия Ловозерского щелочного массива / И.Е. Семенов. — М.: Наука, 1972. — 305 с.
9. Твердов, А.А. Редкие металлы Ловозерского массива / А.А. Твердов // Редкие земли. — 2016. — № 3 (8). — С. 164–169.

© Коллектив авторов, 2019

Лаломов Александр Валерианович // lalomov@mail.ru  
Григорьева Антонина Владимировна // grig@igem.ru  
Бочнева Анна Александровна // bochneva@mail.ru  
Магазина Лариса Олеговна // magazina@igem.ru  
Чефранов Роман Михайлович // roman\_chefr@bk.ru