

О ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВАХ СОЗДАНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ САХА (ЯКУТИЯ) РЕДКОМЕТАЛЛЬНОГО КЛАСТЕРА С УЧЕТОМ ИЗУЧЕНИЯ МИРОВОГО И РОССИЙСКОГО РЫНКА

А.И. Матвеев¹, И.М. Петров², С.И. Гришаев²

¹ Академия наук Республики Саха (Якутия), Якутск, Россия, e-mail: mail@andreimati.ru

² ООО «Исследовательская группа «Инфомайн», Москва, Россия

Аннотация: Выполненными исследованиями в рамках региональных комплексных научных исследований (КНИ-2) РС(Я) на основе изучения мирового и отечественного рынка редкометалльного сырья выявлено, что редкоземельные металлы, скандий и ниобий уникального Томторского месторождения являются востребованными редкими металлами. Предлагается перспективная модель создания в РС(Я) единого редкометалльного кластера, главным из которых является проект по извлечению РЗМ, ниобия, скандия (и, возможно, марганца) из руд этого месторождения. Модель также включает в себя проект по извлечению лития на территории Мирнинского и Оленекского районов РС(Я) одновременно с созданием комплекса по производству химических реагентов (каустическая сода, соляная кислота и др.) из местных ресурсов, которые будут использованы также для гидрометаллургической переработки руд Томторского месторождения. На основе создания мощностей металлургического кластера на юге Якутии возможна организация выпуска ферросплавной продукции широкого спектра (в том числе, ферровольфрама из концентрата Агылкинского месторождения) и феррониобия и ферромарганца из продуктов Томторского месторождения.

Ключевые слова: Якутия, Томтор, Агылкинское, Удачная, редкие элементы, РЗЭ, минерализованные рассолы, литий, редкометалльный кластер.

Для цитирования: Матвеев А. И., Петров И. М., Гришаев С. И. О возможности и перспективах создания в Республике Саха (Якутия) редкометалльного кластера с учетом изучения мирового и российского рынка // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2025. – № 10. – С. 21–36. DOI: 10.25018/0236_1493_2025_10_0_21.

About the possibility and prospects of creating a rare metals cluster in the Republic of Sakha (Yakutia), taken into account of studying the world and russian market

A.I. Matveev¹, I.M. Petrov², S.I. Grishaev²

¹ Academy of Sciences of the Republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk, Russia, e-mail: mail@andreimati.ru

² Infomine Research Group LLC, Moscow, Russia

Abstract: The studies carried out within the framework of regional complex scientific research (KNI-2) of the Republic of Sakha (Yakutia) based on the study of the world and domestic market of rare metal raw materials revealed that rare earth metals, scandium and niobium of the

unique Tomtor deposit are rare metals in demand. A promising model for the creation of a single rare metal cluster in the Republic of Sakha (Yakutia) is proposed, the main one of which is a project for the extraction of rare earth metals, niobium, scandium (and, possibly, manganese) from the ores of this deposit. The model also includes a project for the extraction of lithium in the territory of the Mirninsky and Oleneksky districts of the Republic of Sakha (Yakutia) simultaneously with the creation of a complex for the production of chemical reagents (caustic soda, hydrochloric acid, etc.) from local resources, which will also be used for the hydrometallurgical processing of the ores of the Tomtor deposit. Based on the creation of metallurgical cluster capacities in the south of Yakutia, it is possible to organize the production of a wide range of ferroalloy products (including ferrotungsten from concentrate of the Agylkinskoye deposit) and ferroniobium and ferromanganese from products of the Tomtorskoye deposit.

Key words: Yakutia, Tomtor, Agylkinskoye, Udachnaya, rare elements, REE, mineralized brines, lithium, rare metal cluster.

For citation: Matveev A. I., Petrov I. M., Grishaev S. I. About the possibility and prospects of creating a rare metals cluster in the Republic of Sakha (Yakutia), taken into account of studying the world and russian market. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2025;(10):21-36. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236_1493_2025_10_0_21.

В последнее время резко выросло внимание к редким и редкоземельным металлам, это диктуется современными тенденциями развития мировой промышленности. Имеется устойчивый интерес к освоению месторождений этих металлов.

Минерально-сырьевая база редких металлов России достаточно разнообразна, при этом месторождения расположены в целом ряде регионов страны. На долю Республики Саха (Якутия) приходится около 50% запасов скандия (по категории А+В+С1), около 44% редкоземельных элементов (РЗЭ) и 21% ниобия. В основном эти ценные компоненты сосредоточены в Томторском месторождении [1–2]. Наличие этого крупнейшего месторождения предполагает изучение рынков отдельных металлов (РЗЭ, скандий, ниобий) и оценку возможности организации производства по освоению и переработке сырья.

Редкоземельные элементы (РЗЭ)

Мировые запасы РЗЭ составляют около 100 млн т, доля Китая составляет

свыше 55%. Высоким уровнем запасов характеризуются Россия (21%), Канада (6%) и Гренландия (5%).

В 2024 г. мировой выпуск РЗЭ в пересчете на оксиды составил около 360 тыс. т [3]. Крупнейшим производителем РЗЭ также является Китай, его доля составляет от 62 до 70% в разные годы. Основной объем производства РЗЭ традиционно сосредоточен в провинции Inner Mongolia (Китай) [4].

Среди других стран-производителей РЗЭ следует выделить США, Мьянму и Малайзию. На данный момент ведется реализация проектов по разработке свыше 30 месторождений редких земель (Африка, Канада, США, Австралия, ЮАР и др.) [5]. Сроки реализации многих из них постоянно переносятся.

Основной областью потребления РЗЭ является в настоящее время выпуск магнитов, на долю которых в структуре использования приходится свыше 30%. В основном в настоящее время производятся магниты NdFeB, для которых необходимы неодим, празеодим, диспрозий и тербий. Прогнозируется увеличение

использования РЗЭ для NdFeB магнитов, связанное с развитием электромобилей и ветроэнергетики.

К остальным областям потребления РЗЭ относятся сплавы (для легирования стали и выпуска батарей), катализаторы крекинга и автокатализаторы, полирующие порошки, люминофоры (рис. 1).

Наиболее крупной страной-потребителем РЗЭ является Китай, доля этой страны находится на уровне 70–75% от уровня мирового использования. Во многом это связано с тем, что в этой стране высокими темпами развивается производство редкоземельных магнитов.

Балансовые запасы РЗЭ в России составляют около 17 млн т в пересчете на оксиды. Основное количество приходится на Ловозерское месторождение лопаритов (16%), Хибинскую группу апатитовых руд (32%), Селигдарское месторождение апатита (26%) и Томторское месторождение (18%).

Следует отметить, что при добыче и дальнейшей переработке апатитов Хибинской группы РЗЭ не извлекаются. Среднее содержание оксидов РЗЭ в большинстве российских месторождений низкое, наиболее высокие характерны для руд Томторского месторождения (11,8%) и Чуктуконского месторожде-

ния (5,4%). Кроме того, сырье Томтора отличается высоким уровнем востребованных РЗЭ — неодима, празеодима, диспрозия и тербия (суммарно около 22%) [6]. Производство товарной редкоземельной продукции в России находится на низком уровне — 2,2–2,4 тыс. т в пересчете на оксиды [7–8].

На территории РФ производство осуществляется в основном ОАО «Соликамский магниевый завод» (СМЗ, Пермский край). Сырьем для производства РЗЭ является лопаритовый концентрат, который производится ООО «Ловозерский ГОК» (Мурманская область) из руд Ловозерского месторождения.

Традиционно сложилось, что из-за отсутствия мощностей по получению индивидуальных РЗЭ (они только начали создаваться) редкоземельная отрасль России ориентирована на зарубежные рынки, куда поступают производимые СМЗ карбонаты РЗЭ. При этом на внутренний рынок России поступает преимущественно готовая импортная редкоземельная продукция из Китая.

В структуре потребления России основной объем приходится на производство катализаторов нефтепереработки (56%), для полировки и выпуска стекла (23%) и в металлургии (16%) [9].



Рис. 1. Структура мирового потребления РЗЭ по областям использования, % [3]

Fig. 1. Structure of world consumption of REE by areas of use, % [3]

Вместе с тем, российская минерально-сырьевая база РЗЭ в лице Томторского месторождения имеет все предпосылки для создания отечественного конкурентоспособного редкоземельного производства, способствующего инновационному развитию России.

Согласно прогнозу «Инфомайн», в рамках оптимистического варианта в 2030 г. предусматривается начало реализации проекта по Томтору, за счет этого производство РЗМ может составить свыше 10 тыс. т.

Скандий

Скандий широко рассеян и поэтому редко образует месторождения собственных минералов. Подавляющая часть потенциально извлекаемых ресурсов скандия связаны с редкометалльными, урановыми, никелевыми силикатными, оловянными и вольфрамовыми рудами.

Мировые ресурсы скандия оцениваются на уровне от 2 до 6 млн т. Ресурсы скандия выявлены на территории Австралии, Канады, Китая, Финляндии, Гвинеи, Казахстана, Мадагаскара, Норвегии, России, Украины, Уганды, США, Филиппин, ЮАР.

В настоящее время скандий извлекается как попутный компонент при разработке никель-кобальтовых и урановых месторождений, а также из отходов производства титана, глинозема и РЗЭ.

По оценкам ряда информационно-аналитических агентств, мировое производство скандия составляет от 15 до 45 т Sc_2O_3 в год. Его выпуск осуществляется в Китае, России, Филиппинах и Канаде.

Крупнейшим производителем скандия является Китай. Металл извлекается из отходов редкоземельного производства при переработке бастнезит-эгириновых руд месторождения Баян-Обо (Bayan Obo), а также из отходов производства вольфрама и олова, в процес-

се получения химических соединений циркония, из красных шламов — отходов глиноземного производства.

Скандий в качестве товарной продукции выпускается в основном в виде металла, оксида скандия, алюмо-скандиевых лигатур и сплавов.

Основной объем потребляемого мировой промышленностью скандия используется в изготовлении твердо-оксидных топливных элементов — ТОТЭ (Solid Oxide Fuel Cell — SOFC), где оксид скандия находится в составе электролита; другая часть — в производстве легированных скандием алюминиевых сплавов, применяемых в авиа-, ракето- и судостроении, а также потребительских спортивных товарах.

Кроме того, скандий используется при производстве кристаллов для лазеров, люминофоров, прозрачной технической керамики, катализаторов, радиофармпрепаратов, ферритов с малой индукцией в устройствах хранения информации и другой продукции.

В производстве легированных скандием алюминиевых сплавов, применяемых в авиа-, ракето- и судостроении, в основном используется сплав с содержанием Sc 0,1%.

Основные потребители скандия — это страны с высоким уровнем развития технологий (США, Япония, Франция, Великобритания).

В 2023 г. в США главными областями потребления скандия являлись твердооксидные топливные элементы (ТОТЭ) (80%) и алюмо-скандиевые сплавы (15%); среди прочих — керамика, стабилизированная оксидом скандия, электроника, лазеры, освещение и радиоактивные изотопы (см. рис. 2).

По оценкам, спрос на скандий будет расти, основным драйвером роста может стать наращивание производства ТОТЭ как альтернативных источников энергии.

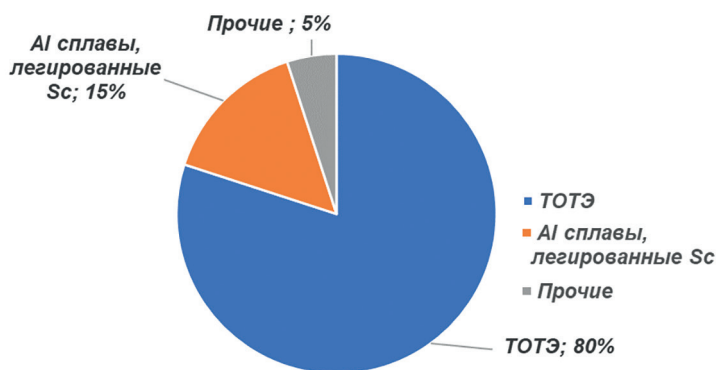


Рис. 2. Структура потребления скандия в США в 2023 г. по областям использования, % [10]

Fig. 2. Structure of scandium consumption in the USA in 2023 by areas of use, % [10]

Потребление скандия в производстве алюминиевых сплавов также будет увеличиваться, здесь основными сдерживающими факторами развития остаются ограниченность предложения и высокая рыночная цена скандиевой продукции.

Балансовые запасы скандия России составляют около 20 тыс. т в пересчете на Sc_2O_3 . Они заключены в 7 комплексных месторождениях. Скандий учитывается только как попутный компонент в рудах коренных месторождений редкометалльного, уранового, бокситового, оловянного типов и в титан-циркониевых россыпях [11].

Подавляющий объем запасов скандия (свыше 70%) находятся на территории Дальневосточного федерального округа, практически все они заключены в рудах комплексного редкометалльного Томторского месторождения [12].

В настоящее время скандий в России выпускают АО «Далур» (Курганская область) — попутно при добыче урана способом подземного выщелачивания — и Уральский алюминиевый завод РУСАЛа (Свердловская область) — из красных шламов (отходов глиноземного производства). Суммарные объемы производства не превышают 0,5—0,6 т в год.

При реализации проекта Томторского месторождения предполагается выпуск скандия на уровне 20—25 т.

По оценкам «Инфолайн», в последние 7 лет потребление скандия и его соединений в России находилось на уровне 1—4 т в год в пересчете на оксид [13]. Перспективы спроса на скандий на российском рынке связаны с авиакосмической отраслью.

Ниобий

Основные мировые минерально-сырьевые ресурсы ниобия сосредоточены в Бразилии, при этом главные месторождения связаны с латеритными корами выветривания карбонатитов, крупнейшие из них — месторождения Араша (Araxa) и Сейс-Лагос (Sies Lagos).

Руды бразильских месторождений по качеству не имеют себе равных в мире; основной минерал ниобия в них — пироклор с наиболее высоким из всех ниобиевых минералов содержанием пентаоксида ниобия (Nb_2O_5), составляющим 41—83%. Среднее содержание в руде — 2,5% Nb_2O_5 .

Мировое производство ниобия в концентратах составляет в последние годы 79—83 тыс. т (см. рис. 3).

Ведущим мировым производителем ниобия является Бразилия, на долю которой приходится около 90% [15].

Переработка пироклорового концентрата позволяет получать феррониобий, значительные объемы которого Брази-

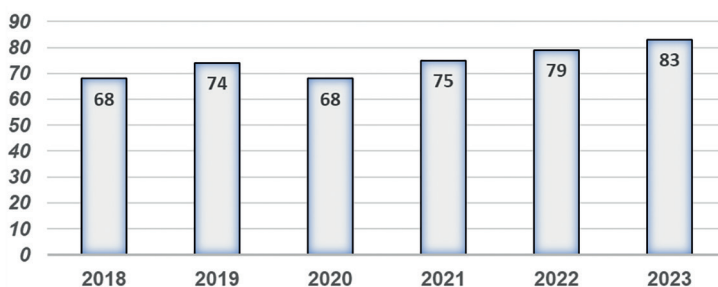


Рис. 3. Динамика мирового производства ниобия в 2018–2023 гг., тыс. т металла [14]
 Fig. 3. Dynamics of world niobium production in 2018–2023, thousand tons of metal [14]

лия экспортирует. Крупнейшим потребителем бразильского феррониобия является Китай.

В настоящее время мировая структура потребления ниобия такова:

- 85–90% всего потребляемого в мире ниобия приходится на феррониобий стандартного качества. Основная область применения феррониобия — черная металлургия, где он используется в виде феррониобия стандартного сорта (66% Nb).

- 10–15% приходится на чистый ниобий, включающий металл, ниобиевые сплавы и химические соединения ниобия.

Феррониобий стандартного сорта находит применение в производстве строительных конструкций, специальных труб для эксплуатации в районах севера, автомобилестроении, изготовлении нержавеющей сталей.

Рост мирового спроса на ниобий обусловлен более широким использованием ферритной нержавеющей стали по сравнению с аустенитными марками. В последние годы наблюдается переход от аустенитных марок на ферритные, особенно в автомобилестроении, бытовой технике, строительстве и энергетике.

Балансовые запасы ниобия России составляют свыше 8 млн т Nb_2O_5 . Они в основном сосредоточены на территории Сибирского, Северо-Западного и Дальневосточного федеральных округов.

Главные запасы ниобиевых руд имеются в основном в 5 месторождениях: Ловозерском (Мурманская область), Белозиминском (Иркутская область), Улуг-Танзекском (Республика Тыва), Катугинском (Забайкальский край), Томторском (РС(Я)). При этом последние 4 месторождения относятся к неразрабатываемым.

В настоящее время добыча ниобиевого сырья в России осуществляется только ООО «Ловозерский ГОК», которое разрабатывает Ловозерское месторождение. Объем Nb_2O_5 в получаемом лопаритовом концентрате находится на уровне 0,5–0,6 тыс. т. Этот концентрат перерабатывается на Соликамском магниевом заводе с получением пятиоксида ниобия, которая в основном поставляется на экспорт.

Реализуется проект освоения Зашихинского месторождения (Иркутская область). В случае реализации проекта возможно производство от 2,5 до 3,25 тыс. т оксида ниобия в зависимости от выбранной производительности карьера. Сроки начала строительства ГОКа на месторождении постоянно переносятся.

При реализации проекта по Томторскому месторождению (участок Буранный) предполагается производство феррониобия в объеме 4,5 тыс. т в год.

Пока при отсутствии собственного производства феррониобия РФ активно закупает его на внешнем рынке. В по-

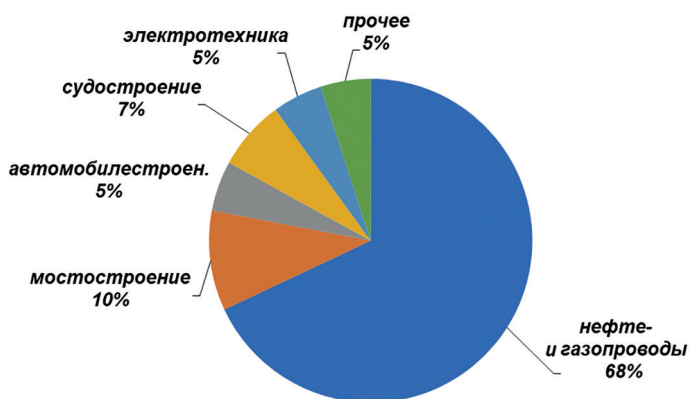


Рис. 4. Структура потребления феррониобия в производстве ниобийсодержащих сталей в России, % [15]
 Fig. 4. Structure of ferroniobium consumption in the production of niobium-containing steels in Russia, % [15]

следние годы объем импорта находится на уровне 3–5 тыс. т. Основным поставщиком феррониобия в Россию является Бразилия [16].

В целом, уровень потребления ниобия в России оценивается в последнее время на уровне 2,4–2,9 тыс. т в пересчете на чистый металл [15]. В краткосрочной перспективе ожидается ежегодный прирост в 2,5%.

Главной областью применения ниобия (около 90%) в России является производство низколегированных (в среднем 0,05% Nb) малоуглеродистых ниобийсодержащих сталей, используемых для изготовления труб большого диаметра для магистральных трубопроводов, а также применяемых в мостостроении и судостроении.

В структуре потребления ниобийсодержащих сталей (рис. 4) большую часть занимают производители нефте- и газопроводов, на их долю приходится около 68% от общего потребления продукции.

Приоритетным национальным проектом России является освоение Арктики. В новой редакции Государственной программы «Социально-экономическое развитие Арктической зоны РФ» (апрель 2021 г.) предусмотрена подпрограмма «Формирование опорных зон раз-

вития и обеспечения их функционирования, создание условий для ускоренного социально-экономического развития Арктической зоны Российской Федерации».

Металлоконструкции для инфраструктурных объектов (порты, заводы СПГ и пр.) предположительно будут изготовлены из прочных сталей, микролегированных ниобием. Старт реализации программы по освоению арктического шельфа начат в 2021 г. Таким образом, освоение Арктики и обустройство Северного Морского Пути может стать мощным стимулом для производства ниобийсодержащих сталей.

Состояние проекта по разработке Томторского месторождения

Томторское месторождение открыто в 1986 г. геологами Амакинской (Чернышевской) геологоразведочной экспедиции АК «Алмазы России-Саха» [12–13]. Месторождение расположено в северо-западной Якутии на территории Оленекского района, в 400 км к югу от побережья Северного Ледовитого океана и приурочено к массиву Томтор. Площадь массива составляет около 250 км². Геологами на месторождении выделены четыре геолого-промышленных (технологических) типа редкометалльно-фос-

форных руд (эндогенные карбонатиты, остаточные коры выветривания, переотложенные коры выветривания, осадочные отложения).

В пределах месторождения выделено три участка — Северный, Буранный и Южный, залегающие в виде пластов руд («рудный пласт») в верхней части коры выветривания. На месторождении наиболее изучен и разведан участок Буранный, его площадь составляет 1,5 км², мощность рудного пласта — от 2 до 42 м. Утвержденные запасы по категории А+В+С₁ составляют около 3 млн т оксидов РЗЭ при содержании TR₂O₃ — 11,83%.

Рудный пласт характеризуется высоким содержанием ниобия, РЗЭ, алюминия, а также повышенной концентрацией титана, железа, стронция, ванадия, иттрия и скандия. Отличительной особенностью руд Томторского месторождения является резкое изменение содержания оксидов РЗЭ+У, оно колеблется в пределах от 0,8 до 29,8%.

Руды могут рассматриваться как природный концентрат первичного обогащения, пригодный для непосредственного извлечения РЗЭ, У и других ценных компонентов [18—19].

Руды месторождения Томтор содержат природные радионуклиды тория и продуктов его распада, отходы их переработки относятся к нижнему классу радиоактивности (РАО — 6 класса) и подлежат захоронению. Содержание тория в исходной руде составляет 0,12—0,16%.

За прошедшие 15 лет неоднократно были попытки начать разработку месторождения. Среди заинтересованных сторон отмечены АК «АЛРОСА» (ПАО) и ФГУП «Горно-химический комбинат» (ГХК, Железногорск).

В 2014 г. совместное предприятие Госкорпорации Ростех и группы ИСТ — «ТриАрк Майнинг» — выиграло аукцион на право пользования участком недр Томторского месторождения (участок

Буранный) для разведки и добычи руд ниобия, РЗЭ, скандия и попутных компонентов.

Анализ предлагаемых технологий переработки руд Томторского месторождения показал сложность с учетом применения методов химического разложения и разделения продуктов [20—24].

Специально созданная для реализации проекта освоения месторождения компания «Восток Инжиниринг» (дочерняя компания «ТриАрк Майнинг») начала разведку на участке Буранный в 2015 г. В 2015—2017 гг. на участке Буранный проводилась геологоразведка, на 2018—2019 гг. была запланирована подготовка ТЭО постоянных кондиций, технического проекта и проектов оценки воздействия на экологическую и этнологическую среду; с 2019 по 2022 гг. — проектирование и строительство объектов инфраструктуры, на 2022—2023 гг. — строительно-монтажные работы; 2023 г. — пуско-наладочные работы и запуск производства; транспортировка первой партии руды — 2024 г. Однако эти сроки не выполняются.

Для переработки руды Томторского месторождения в Забайкальском крае создано ООО «Краснокаменский гидрометаллургический завод» (дочерняя компания «ТриАрк Майнинг»). Мощность по переработке — до 160 тыс. т руды в год. Планировавшийся ранее срок начала работы предприятия — 2024 г. Согласно отчету Ростех, целевой объем производства был определен в 13 тыс. т разделенных оксидов РЗМ, основными видами редкоземельной продукции предполагается концентрат Nd/Pr и концентрат средне-тяжелой группы РЗМ. Совокупный необходимый объем капитальных затрат составит 560 млн долл. США. Предполагалось финансирование проекта Внешэкономбанком.

В настоящее время завершены геологоразведочные работы, выполнена оцен-

ка запасов месторождения, проводится проработка технологических решений переработки руды. Согласно лицензионному соглашению, добыча редкоземельных металлов на месторождении Томтор запланирована в 2027 – 2028 гг.

Вместе с тем до сегодняшнего дня по всем признакам активное освоение месторождения затягивается. В настоящее время рассматривается вопрос об отзыве лицензии на право пользования участком недр у действующего недропользователя. Интерес к разработке месторождения проявляет ПАО «Роснефть».

Как отмечается в Стратегии развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации до 2050 г. (утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 11 июля 2024 г. № 1838-р), основными причинами недостаточного вовлечения в эксплуатацию национальной минерально-сырьевой базы дефицитного сырья являются отсутствие необходимых добывающих мощностей, эффективных промышленных технологий или высокая стоимость переработки полезных ископаемых, неблагоприятное географическое расположение месторождений. При этом низкий внутренний спрос при ограниченной конкурентоспособности отечественной продукции на внешних рынках сдерживает заинтересованность инвесторов в развитии производственной базы горнодобывающей отрасли страны. Преодоление зависимости от импорта требует инвентаризации неиспользуемого фонда недр дефицитных видов сырья с его геолого-экономической оценкой, анализом и обновлением геологоразведочных данных, разработкой новых технологий обогащения и глубокой переработки минерального сырья по всей цепочке получения конечных промышленных изделий [25].

Важнейшим стимулом эффективно-го освоения месторождений дефицит-

ных видов полезных ископаемых должно стать повышение внутреннего спроса на них, в том числе за счет создания новых российских производств глубокого передела сырья (хабов) и получения конечной высокотехнологичной продукции.

Среди внутренних вызовов, оказывающих негативное влияние на развитие отечественной минерально-сырьевой базы, Стратегия отмечает наличие диспропорций в географическом размещении месторождений, объектов инфраструктуры, перерабатывающих предприятий и потребителей минерального сырья.

Таким образом, реализация проектов по разработке отдельных месторождений руд РМ и РЗЭ в силу ограниченности рынков сбыта готовой продукции, волатильности цен и технологических проблем переработки руд имеет высокие инвестиционные риски, а также невысокий экономический эффект.

Повышение эффективности реализации таких проектов возможно в рамках формирования производственных цепочек полного цикла на основе вертикальной и горизонтальной кооперации предприятий [26 – 28].

Поэтому считаем перспективным рассмотреть вариант формирования сети технологически связанных промышленных производств, направленных на выпуск как РЗЭ, так и других РМ. Такой подход позволяет создать условия для реализации нескольких инвестиционных проектов производства продуктов, востребованных в современных отраслях высоких технологий.

Модель сети промышленных производств с получением комплекса товарной продукции при комплексной и глубокой переработке руд месторождений должна формироваться с учетом документов стратегического планирования, мер государственной поддержки, нали-

чия энергетической и транспортной инфраструктуры, кооперации и технологий [29].

Для стимулирования недропользователей редких и редкоземельных металлов имеется ряд финансовых и нефинансовых мер государственной поддержки [30].

В Российской Федерации Федеральным законом от 31 декабря 2014 г. № 488-ФЗ «О промышленной политике в Российской Федерации» закреплено понятие «промышленный кластер». Под промышленным кластером понимается совокупность субъектов деятельности в сфере промышленности, связанных отношениями в указанной сфере вследствие территориальной близости и функциональной зависимости и размещенных на территории одного субъекта Российской Федерации или на территориях нескольких субъектов Российской Федерации.

Постановлением Правительства РФ от 31 июля 2015 г. № 779 были утверждены требования к промышленным кластерам.

Государственная финансовая поддержка участников промышленных кластеров осуществляется в рамках постановления Правительства РФ от 28 января 2016 г. № 41 в форме субсидий из федерального бюджета на возмещение части затрат при реализации совместных проектов по производству импортозамещающей промышленной продукции.

28 декабря 2022 г. были внесены изменения в постановление Правительства РФ от 31 июля 2015 г. № 779. Наиболее радикальные изменения коснулись понятия функциональной зависимости — отменены минимальные требования по объему кооперации.

Подтверждение функциональной зависимости теперь подкрепляется договорами о поставке продукции (как фактической, так и планируемой). Кроме

того, необходимое количество участников сокращено с 10 до 5 и введено требование об обязательном наличии не менее чем 3 проектов по производству импортозамещающей продукции промышленного кластера.

В 2023 г. вступил в силу новый режим поддержки участников промышленных кластеров, подразумевающий:

- субсидирование до 150 млн руб. покупки стартовой партии импортозамещающей промышленной продукции;
- возможность получения кредита по льготной ставке (30% от ключевой ставки ЦБ РФ + 3% годовых);
- снижение страховых взносов до 7,6% для участников промышленных кластеров, являющихся инвестором по федеральному СПИК 1.0;
- безусловное право на применение налогового и таможенного мониторинга всеми участниками промышленного кластера.

Кроме того, согласно 488-ФЗ, субъекты РФ могут реализовывать собственные меры стимулирования для участников промышленных кластеров, соответствующих федеральным требованиям.

С целью повышения эффективности проектов и развития в Якутии производства продукции с высокой добавленной стоимостью возможным авторами предлагается следующая модель создания в РС (Я) единого редкометалльного кластера. Он включает три проекта — по извлечению РЗЭ, ниобия, скандия (и, возможно, марганца) из руд Томторского месторождения; по извлечению лития из рассолов трубки «Удачная», разработке Агылкинского месторождения вольфрама (рис. 5).

При этом предлагается две площадки для создания мощностей по глубокой переработке. Первое — на территории Мирнинского района РС(Я). Здесь возможно размещение завода по извлечению лития и брома из литийсодержа-

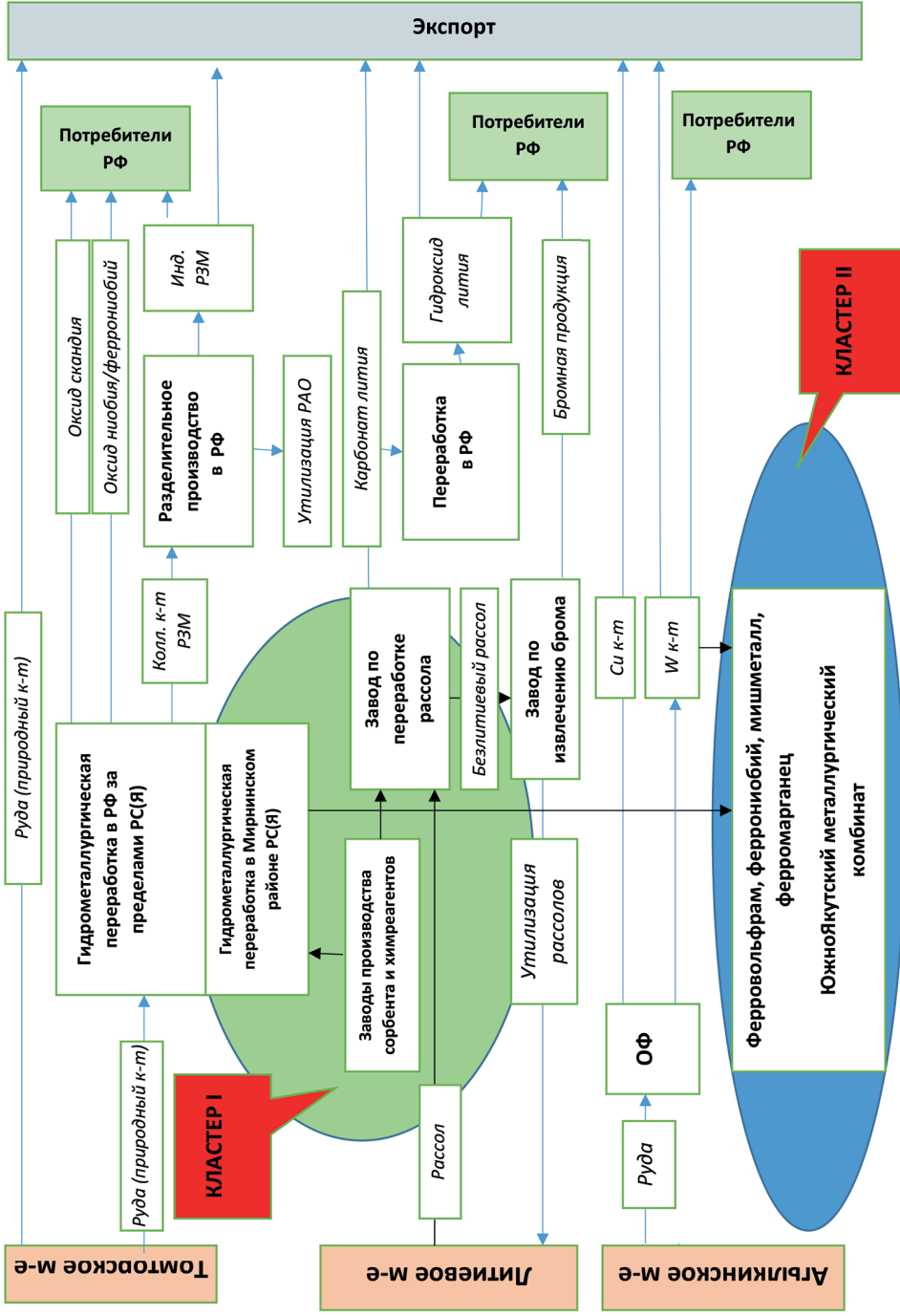


Рис. 5. Схема сети промышленных производств при создании единого редкометалльного кластера в РС(Я)
 Fig. 5. Scheme of the industrial production network during the creation of a single rare metal cluster in the Republic of Sakha (Yakutia)

щих рассолов трубки «Удачная» и одновременно размещение предприятия по выпуску химических реагентов (каустическая сода, хлор или соляная кислота). В рамках этого кластера предполагается строительство химического производства каустической и кальцинированной соды, а также соляной кислоты, непосредственно в п. Удачный. В качестве сырья могут выступать каменные соли Кемпендяйского месторождения (Сунтарский район, РС(Я), удаленного на 800 км от пос. Удачный, и соединенного с площадкой проекта круглогодичной автомобильной дорогой. Создание химического производства является принципиальным звеном в создании цепочки производственных мощностей по переработке руды Томторского месторождения. На Удачинской площадке возможно также проведение первичной гидрометаллургической переработки Томторской руды с получением богатого РЗЭ-продукта и ниобийсодержащего продукта.

Вторым местом глубокой переработки редких металлов, на наш взгляд, является планируемый металлургический кластер на юге Якутии. Наличие там пирометаллургических мощностей может стать одним из альтернативных вариантов первичной переработки руды Томторского месторождения в виде обжига и плавки с получением продукта, близкого по своим свойствам к мишметаллу, активно используемого для легирования стали и сплавов.

Получаемый в процессе флотационной переработки руд Агылкинского месторождения вольфрамовый концентрат будет перерабатываться на создаваемых плавильных мощностях этого кластера в ферровольфрам.

В случае выделения при первичной гидрометаллургической переработки руды Томторского месторождения ниобиевого продукта, он может быть пере-

работан в феррониобий на плавильных мощностях Южно-Якутского металлургического комбината. Также в случае решения вопроса получения марганцевого концентрата из руд Томтора, этот продукт также может плавиться на ферромарганец. Таким образом, на базе кластера черной металлургии возможен выпуск ферросплавной продукции широкого спектра (ферровольфрам, феррониобий, ферромарганец), которая может использоваться для выпуска высококачественной стали, в том числе на территории РС(Я).

Работы по ускорению разработки месторождений редких металлов в РС(Я) и их переработки на территории республики будут напрямую содействовать реализации национального проекта технологического лидерства «Новые материалы и химия».

Заключение

1. В рамках настоящего обзора проведен анализ минерально-сырьевой базы ряда редких металлов Республики Саха (Якутии) — РЗЭ, скандия, ниобия. Показано, что в Якутии имеются крупные запасы этих редких металлов и они в основном сосредоточены в пределах Томторского месторождения.

2. Проведен анализ мирового и российского рынка РЗЭ, скандия, ниобия. Определены общие мировые и российские тенденции развития рынка РЗЭ, скандия, ниобия.

3. Показан ход реализации проекта по освоению Томторского месторождения, который отстает от зафиксированных в лицензии сроков. Во многом это связано с технологическими сложностями с учетом применения методов химического разложения и разделения продуктов, а также ограниченностью рынков сбыта готовой продукции и волатильностью цен. В силу этого реализация проекта имеет высокие инве-

стиционные риски, а также невысокий экономический эффект.

4. Показано, что повышение эффективности реализации таких проектов возможно в рамках формирования производственных цепочек полного цикла на основе вертикальной и горизонтальной кооперации предприятий.

5. Выявлены факторы, определяющие формирование моделей сети промышленных производств при переработке руд месторождений Республики Саха (Якутии), а также проанализированы нормативные и стратегические документы, которые необходимо учитывать при формировании моделей.

6. Предложено рассмотреть вариант формирования сети технологически связанных промышленных производств, направленных на выпуск как РЗЭ, так

и других редких металлов. Такой подход позволяет создать условия для реализации нескольких инвестиционных проектов производства продуктов, востребованных в современных отраслях высоких технологий.

7. Представлена модель создания в Республике Саха (Якутия) двух кластеров, технологически связанных между собой. Первый кластер включает проекты по добыче РЗМ, скандия, ниобия из руд Томторского месторождения и добычи лития из рассолов трубки «Удачная» с первичной переработкой на единой производственной площадке. Второй кластер на базе металлургического комбината будет связан с первыми возможностями следующих переделов — выпуском феррониобия и мишметалла.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственный доклад о состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации, 2018–2022. URL: <https://vims-geo.ru/ru/activity/iacn/russia/gosdokladi/> (дата обращения 01.10.2024).

2. Толстов А. В., Гунин А. П. Комплексная оценка Томторского месторождения // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. — 2001. — № 11. — С. 144–160.

3. Обзор рынка редкоземельных элементов (металлов) в мире. 4-е изд. — М.: ООО «Исследовательская группа «Инфомайн», 2025. URL: <https://infomine.ru/research/38/622> (платный доступ) (дата обращения 20.04.2025).

4. Юшина Т. И., Петров И. М., Гришаев С. И., Черный С. А. Мировой рынок и технологии переработки редкоземельных металлов: современное состояние и перспективы // Горный журнал. — 2015. — № 2. — С. 59–64. — № 3. — С. 76–81.

5. Петрова А. И., Богданов С. В. Трансформация материальных потоков редкоземельных металлов и их соединений на мировом рынке // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. — 2025. — № 1 (192). — С. 85–90.

6. Лазарева Е. В., Жмодик С. М., Толстов А. В., Пономарчук В. А., Травин А. В., Добрецов Н. Н. Уникальное NB-REE месторождение Томтор (Арктическая Сибирь) // Металлогения древних и современных океанов. — 2024. — Т. 30. — С. 119–122.

7. Годовые отчеты АО «Соликамский магниевый завод». 2022, 2023. URL: <https://www.smw.ru/shareholder/everyear/> (дата обращения 11.11.2024).

8. Гасанов А. А., Наумов А. В., Петров И. М., Юрасова О. В., Литвинова Т. Е. Некоторые тенденции мирового рынка РЗМ и перспективы России // Известия высших учебных заведений. Цветная металлургия. — 2018. — № 4. — С. 31–44.

9. Обзор рынка редкоземельных элементов (металлов) и их соединений в России, 15-е изд. 2024. URL: <https://www.infomine.ru/research/38/615> (платный доступ) (дата обращения 15.08.2024).

10. *Mineral Commodity Summaries. Scandium*. 2025. USGS. <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2025/mcs2025-scandium.pdf> (дата обращения 08.04.2025).
11. Государственный доклад о состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации, 2023. URL: https://vims-geo.ru/media/documents/00_Книга_ГД-2022.pdf (дата обращения 01.10.2024).
12. Толстов А. В., Лапин А. В., Похиленко Н. П., Овчинников К. В. Скандий и иттрий Томторского рудного поля // Известия высших учебных заведений. Цветная металлургия. — 2015. — № 4. — С. 37 — 43.
13. Обзор рынка скандия в России, СНГ и мире. 6-е изд. — М.: ООО «Исследовательская группа «Инфомайн», 2024. URL: <https://infomine.ru/research/32/378> (платный доступ) (дата обращения 08.04.2025).
14. *Mineral Commodity Summaries. Niobium*. 2024. USGS. <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2024/mcs2024-niobium.pdf> (дата обращения 08.04.2025).
15. Обзор рынка ниобия и ниобиевой продукции в России, странах ЕАЭС и мира. 9-е изд. — М.: ООО «Исследовательская группа «Инфомайн», 2025. URL: <https://infomine.ru/research/38/47> (платный доступ) (дата обращения 20.04.2025).
16. Петров И. М. Импортная составляющая российского рынка редких металлов // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. — 2023. — № 1. — С. 77 — 80.
17. Толстов А. В., Тян О. А. Геология и рудоносность массива Томтор. — Якутск, ЯНЦ СО РАН, 1999. — 164 с.
18. Похиленко Н. П., Крюков В. А., Толстов А. В., Самсонов Н. Ю. Томтор как приоритетный инвестиционный проект обеспечения России собственным источником редкоземельных элементов // ЭКО. — 2014. — № 2 (476). — С. 22 — 35.
19. Толстов А. В., Похиленко Н. П., Лапин А. В., Крюков В. А., Самсонов Н. Ю. Инвестиционная привлекательность Томторского месторождения и перспективы ее повышения // Разведка и охрана недр. — 2014. — № 9. — С. 25 — 30.
20. Толстов А. В., Самсонов Н. Ю. Томтор: геология, технологии, экономика // ЭКО. — 2014. — № 2 (476). — С. 36 — 44.
21. Делицын Л. М., Мелентьев Г. Б., Толстов А. В., Магазина Л. А., Самонов А. Е., Сударева С. В. Технологические проблемы Томтора и их решение // Редкие земли. — 2015. — № 2 (5). — С. 164 — 179.
22. Юшина Т. А., Петров И. М., Черный С. А., Петрова А. И. Обзор технологий обогащения и переработки руд редкоземельных металлов (РЗМ) на действующих предприятиях в мире // Обогащение руд. — 2020. — № 2. — С. 46 — 51.
23. Юшина Т. А., Петров И. М., Черный С. А., Петрова А. И. Технологии переработки руд редкоземельных металлов при освоении новых месторождений // Обогащение руд. — 2020. — № 6. — С. 47 — 53.
24. Похиленко Н. П., Толстов А. В. Перспективы освоения Томторского месторождения комплексных ниобий-редкоземельных руд // ЭКО. — 2012. — № 11 (461). — С. 17 — 27.
25. Стратегия развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации до 2050 года. URL: <http://static.government.ru/media/files/TNB3oQkPRJmDE3AMaxuTn2KRSHG9X0S.pdf>.
26. Похиленко Н. П., Крюков В. А., Толстов А. В., Самсонов Н. Ю. Создание сильной редкоземельной промышленности: без госкорпораций не осилить // ЭКО. — 2016. — № 8 (506). — С. 25 — 36.
27. Похиленко Н. П., Толстов А. В., Афанасьев В. П., Самсонов Н. Ю. Новые механизмы государственного управления минерально-сырьевой базы стратегических полезных ископаемых Арктической зоны Сибири и Дальнего Востока // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. — 2016. — № 5. — С. 60 — 63.
28. Богданов С. В., Гришаев С. И. Формирование интегрированного отечественного холдинга по производству продукции редкоземельных металлов // Электрометаллургия. — 2011. — № 12. — С. 2 — 8.
29. Матвеев А. И. Толстов А. В., Петров И. М. Схема создания редкометалльного кластера в Республике Саха (Якутия) // Природные ресурсы Арктики и Субарктики. — 2025. — № 30. — С. 7 — 27.
30. Навигатор мер поддержки [Электронный ресурс]. URL: <https://gisp.gov.ru/hmp>. **ГИАБ**

REFERENCES

1. *Gosudarstvenniy doklad o sostoyanii i ispol'zovanii mineral'no-syr'evykh resursov Rossiyskoy Federatsii, 2018–2022* [State report on the state and use of mineral resources of the Russian Federation, 2018–2022], available at: <https://vims-geo.ru/ru/activity/iacr/russia/gosdokladi/> (accessed 01.10.2024). [In Russ].
2. Tolstov A. V., Gunin A. P. Comprehensive assessment of the Tomtor deposit. *Proceedings of Voronezh state university. Series: Geology*. 2001, no. 11, pp. 144–160. [In Russ].
3. *Obzor rynka redkozemel'nykh elementov (metallov) v mire*. 4-e izd. [Review of the rare earth elements (metals) market in the world. 4th edition], Moscow, 2025, available at: <https://infomine.ru/research/38/622> (платный доступ) (accessed 20.04.2025).
4. Yushina T. I., Petrov I. M., Grishaev S. I., Cherny S. A. World market and technologies for processing rare earth metals: current status and prospects. *Gornyi Zhurnal*. 2015, no. 2, pp. 59–64, no. 3, pp. 76–81. [In Russ].
5. Petrova A. I., Bogdanov S. V. Transformation of material flows of rare earth metals and their compounds in the world market. *Mineral resources of Russia. Economics and Management*. 2025, no. 1 (192), pp. 85–90. [In Russ].
6. Lazareva E. V., Zhmodik S. M., Tolstov A. V., Ponomarchuk V. A., Travin A. V., Dobretsov N. N. Unique NB-REE deposit Tomtor (Arctic Siberia). *Metallogeny of ancient and modern oceans*. 2024, vol. 30, pp. 119–122. [In Russ].
7. *Godovye otchety AO «Solikamskiy magnievyi zavod»* [Annual reports of JSC Solikamsk Magnesium Works], 2022, 2023, available at: <https://www.smw.ru/shareholder/everyear/> (accessed 11.11.2024). [In Russ].
8. Gasanov A. A., Naumov A. V., Petrov I. M., Yurasova O. V., Litvinova T. E. Some trends in the global REE market and Russia's prospects. *Izvestiya. Non-Ferrous Metallurgy*. 2018, no. 4, pp. 31–44. [In Russ].
9. *Obzor rynka redkozemel'nykh elementov (metallov) i ikh soedineniy v Rossii*, 15-e izd. [Review of the market of rare earth elements (metals) and their compounds in Russia, 15th edition], 2024, available at: <https://www.infomine.ru/research/38/615> (accessed 15.08.2024). [In Russ].
10. *Mineral Commodity Summaries. Scandium*. 2025. USGS. <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2025/mcs2025-scandium.pdf> (accessed 08.04.2025).
11. *Gosudarstvenniy doklad o sostoyanii i ispol'zovanii mineral'no-syr'evykh resursov Rossiyskoy Federatsii* [State report on the state and use of mineral resources of the Russian Federation], 2023, available at: https://vims-geo.ru/media/documents/00_Книга_ГД-2022.pdf (accessed 01.10.2024). [In Russ].
12. Tolstov A. V., Lapin A. V., Pokhilenko N. P., Ovchinnikov K. V. Scandium and yttrium of the Tomtor ore field. *Izvestiya. Non-Ferrous Metallurgy*. 2015, no. 4, pp. 37–43. [In Russ].
13. *Obzor rynka skandiya v Rossii, SNG i mire*. 6-e izd. [Review of the scandium market in Russia, the CIS and the world, 6th edition], Moscow, 2024, available at: <https://infomine.ru/research/32/378> (платный доступ) (accessed 08.04.2025).
14. *Mineral Commodity Summaries. Niobium*. 2024. USGS, available at: <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2024/mcs2024-niobium.pdf> (accessed 08.04.2025).
15. *Obzor rynka niobiya i niobievoy produktsii v Rossii, stranakh EAES i mira*. 9-e izd. [Review of the world rare earth elements (metals) market, 4th edition], Moscow, 2025, available at: <https://infomine.ru/research/38/47> (платный доступ) (accessed 20.04.2025).
16. Petrov I. M. Import component of the Russian rare metals market. *Mineral resources of Russia. Economics & management*. 2023, no. 1, pp. 77–80. [In Russ].
17. Tolstov A. V., Tyan O. A. *Geologiya i rudonosnost' massiva Tomtor* [Geology and ore content of the Tomtor massif], Yakutsk, 1999, 164 p.
18. Pokhilenko N. P., Kryukov V. A., Tolstov A. V., Samsonov N. Yu. Tomtor as a priority investment project to provide Russia with its own source of rare earth elements. *ECO*. 2014, no. 2 (476), pp. 22–35. [In Russ].
19. Tolstov A. V., Pokhilenko N. P., Lapin A. V., Kryukov V. A., Samsonov N. Yu. Investment attractiveness of the Tomtor deposit and prospects for its improvement. *Prospect and protection of mineral resources*. 2014, no. 9, pp. 25–30. [In Russ].

20. Tolstov A. V., Samsonov N. Yu. Tomtor: geology, technology, economics. *ECO*. 2014, no. 2 (476), pp. 36–44. [In Russ].
21. Delitsyn L. M., Melent'ev G. B., Tolstov A. V., Magazina L. A., Samonov A. E., Sudareva S. V. Technological problems of Tomtor and their solution. *The rare earth magazine*. 2015, no. 2 (5), pp. 164–179. [In Russ].
22. Yushina T. A., Petrov I. M., Cherny S. A., Petrova A. I. Review of rare earth metal (REM) ore beneficiation and processing technologies at operating enterprises in the world. *Obogashchenie Rud*. 2020, no. 2, pp. 46–51. [In Russ].
23. Yushina T. A., Petrov I. M., Cherny S. A., Petrova A. I. Rare earth metal ore processing technologies during the development of new deposits. *Obogashchenie Rud*. 2020, no. 6, pp. 47–53. [In Russ].
24. Pokhilenko N. P., Tolstov A. V. Prospects for the development of the Tomtorskoye deposit of complex niobium-rare earth ores. *ECO*. 2012, no. 11 (461), pp. 17–27. [In Russ].
25. *Strategiya razvitiya mineral'no-syr'evoy bazy Rossiyskoy Federatsii do 2050 goda* [Strategy for the Development of the Mineral Resource Base of the Russian Federation until 2050], available at: <http://static.government.ru/media/files/TNB3oQkPRJtMDE3AMaxuTn2KRSHG9X0S.pdf>. [In Russ].
26. Pokhilenko N. P., Kryukov V. A., Tolstov A. V., Samsonov N. Yu. Creating a strong rare earth industry: We can't do it without state corporations. *ECO*. 2016, no. 8 (506), pp. 25–36. [In Russ].
27. Pokhilenko N. P., Tolstov A. V., Afanasyev V. P., Samsonov N. Yu. New mechanisms of state management of the mineral resource base of strategic minerals of the Arctic zone of Siberia and the Far East. *Mineral resources of Russia. Economics & management*. 2016, no. 5, pp. 60–63. [In Russ].
28. Bogdanov S. V., Grishaev S. I. Formation of an integrated domestic holding for the production of rare earth products. *Electrometallurgy*. 2011, no. 12, pp. 2–8. [In Russ].
29. Matveev A. I., Tolstov A. V., Petrov I. M. Scheme for creating a rare metal cluster in the Republic of Sakha (Yakutia). *Arctic and Subarctic Natural Resources*. 2025, no. 30, pp. 7–27. [In Russ].
30. *Navigator mer podderzhki* [Navigator of support measures], available at: <https://gisp.gov.ru/nmp>. [In Russ].

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Матвеев Андрей Иннокентьевич — д-р техн. наук,

Академия наук Республики Саха (Якутия),

e-mail: mail@andreimati.ru,

Петров Игорь Михайлович¹ — д-р техн. наук,

e-mail: igo382@yandex.ru,

Гришаев Сергей Иванович¹ — канд. экон. наук,

e-mail: grishaevs@mail.ru,

¹ ООО «ИГ «Инфолайн».

Для контактов: Матвеев А.И., e-mail: mail@andreimati.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

A.I. Matveev, Dr. Sci. (Eng.),

Academy of Sciences of the Republic of Sakha (Yakutia),

677980, Yakutsk, Russia,

e-mail: mail@andreimati.ru,

I.M. Petrov¹, Dr. Sci. (Eng.),

e-mail: igo382@yandex.ru,

S.I. Grishaev¹, Cand. Sci. (Econ.),

e-mail: grishaevs@mail.ru,

¹ Infomine Research Group LLC, 109028, Moscow, Russia.

Corresponding author: A.I. Matveev, e-mail: mail@andreimati.ru.

Получена редакцией 03.06.2025; получена после рецензии 27.07.2025; принята к печати 10.09.2025.

Received by the editors 03.06.2025; received after the review 27.07.2025; accepted for printing 10.09.2025.