



МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ЭКОЛОГИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЮ (РОСНЕДРА)

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ДОКЛАД

О СОСТОЯНИИ И ИСПОЛЬЗОВАНИИ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВЫХ РЕСУРСОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ в 2022 году

Cu

Co

Li

Ni

РЗМ

Москва 2023



Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации
Федеральное агентство по недропользованию (Роснедра)

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ДОКЛАД

**О СОСТОЯНИИ И ИСПОЛЬЗОВАНИИ
МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВЫХ РЕСУРСОВ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ в 2022 году**

Москва 2023

Государственный доклад

О СОСТОЯНИИ И ИСПОЛЬЗОВАНИИ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВЫХ РЕСУРСОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ в 2022 году

ГЛАВНЫЕ РЕДАКТОРЫ:

Тетенькин Д.Д.
Петров Е.И.

РЕДКОЛЛЕГИЯ:

	Анненков А.А.	Мельников П.Н.
	Гермаханов А.А.	Милетенко Н.В.
	Ерофеева Н.Л.	Наумов Е.А.
	Иванов А.И.	Платонова А.В.
	Казанов О.В.	Пороскун В.И.
	Каспаров О.С.	Рогожин А.А.
	Киржиманов М.Г.	Руднев А.В.
<i>ответственный за выпуск</i> ▶	Лаптева А.М.	Танин Е.В.
	Майер М.А.	Темнов А.В.

ФГБУ «ВИМС»



Составление, общая редакция и оформление
119017, Москва, Старомонетный пер., 31,
Тел./факс: (495) 951-50-43 E-mail: vims@vims-geo.ru
<http://www.vims-geo.ru>

ФГБУ «ЦНИГРИ»



Составление
117545, Москва, Варшавское шоссе, 129, корп. 1,
Тел./факс: (495) 313-18-18 E-mail: tsnigri@tsnigri.ru
<http://www.tsnigri.ru>

ФГБУ «ВНИГНИ»



Составление
105118, Москва, шоссе Энтузиастов, 36,
Тел./факс: (495) 673-26-51/47-21 E-mail: vnigni@vnigni.ru
<http://www.vnigni.ru>

ФГБУ «Гидроспецгеология»



Составление
123060, Москва, ул. Маршала Рыбалко, 4,
Тел./факс: (495) 196-02-62/32-16 E-mail: info@specgeo.ru
<http://www.specgeo.ru>

При участии
и информационной
поддержке:



ФГБУ «Росгеолфонд»



ФГКУ «Росгеолэкспертиза»

РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ МЕТАЛЛЫ

TR

Состояние сырьевой базы редкоземельных металлов Российской Федерации

Запасы	на 01.01.2021 ¹		на 01.01.2022 ¹		на 01.01.2023 ¹	
	A+B+C ₁	C ₂	A+B+C ₁	C ₂	A+B+C ₁	C ₂
количество, тыс. т ΣTR_2O_3 (изменение к предыдущему году)	19 379,7 (-5,9%) ↓	12 397,6 (-0,06%) ↓	16 887,1 (-12,9%) ↓	11 893,5 (-4,1%) ↓	16 805,6 (-0,5%) ↓	11 859,7 (-0,3%) ↓
доля распределенного фонда, %	55,2	18,4	48,6	15	48,2	14,7
	на 01.01.2022 ²					
Прогнозные ресурсы	P ₁		P ₂		P ₃	
количество, тыс. т ΣTR_2O_3	7 745,6		435		384,7	

Источники: 1 – ГБЗ РФ, 2 – Сборник «Прогнозные ресурсы твердых и твердых горючих полезных ископаемых РФ»

Воспроизводство и использование сырьевой базы редкоземельных металлов Российской Федерации

	2020	2021	2022
Прирост запасов кат. A+B+C ₁ за счет разведки, тыс. т ΣTR_2O_3 ¹	1,2	2,4	1,2
Прирост/убыль запасов кат. A+B+C ₁ за счет переоценки, тыс. т ΣTR_2O_3 ¹	-1 089,4	-2 358,7	56,4
Добыча из недр, тыс. т ΣTR_2O_3 ¹	114,8	117,7	118,1
• в том числе из лопаритовых руд	2,6	2,5	2,6
Производство лопаритового концентрата, тыс. т ¹	8,8	7,7	7,5
Производство продуктов РЗМ на ОАО «СМЗ», тыс. т ΣTR_2O_3	2,6 ²	2,3 ³	2,2 ³

Источники: 1 – ГБЗ РФ, 2 – ОАО «Соликамский магниевый завод» (ОАО «СМЗ»), 3 – Росстат

Согласно Распоряжению Правительства Российской Федерации от 30.08.2022 № 2473-р, редкоземельные металлы (РЗМ) входят в перечень основных видов стратегического минерального сырья.

Россия располагает крупной сырьевой базой РЗМ, однако их товарная добыча ведется в ограниченном количестве только на Ловозерском месторождении в Мурманской области. Освоению остальных известных объектов препятствуют низкий внутренний спрос на РЗМ-продукцию, что сдерживает развитие ее внутреннего производства, и высокая конку-

ренция со стороны доминирующего на мировом рынке Китая.

Ближайшие перспективы развития редкоземельной промышленности в России, включающие повышение эффективности использования отечественной сырьевой базы, связаны с реализацией дорожной карты Госкорпорации «Росатом» развития высокотехнологичной области «Технологии новых материалов и веществ» на период до 2030 г., утвержденной Правительством Российской Федерации 27 апреля 2020 г. Предметом ее направления «Редкие и редкоземельные металлы» является, среди прочего, развитие производства РЗМ.

СОСТОЯНИЕ МИРОВОГО РЫНКА РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ

К редкоземельным металлам — РЗМ (или редкоземельным элементам — РЗЭ) относят лантан (*La*), церий (*Ce*), празеодим (*Pr*), неодим (*Nd*), прометий (*Pm*, в природе не встречается), самарий (*Sm*), европий (*Eu*), гадолиний (*Gd*), тербий (*Tb*), диспрозий (*Dy*), гольмий (*Ho*), эрбий (*Er*), тулий (*Tm*), иттербий (*Ib*), лютеций (*Lu*), а иногда также иттрий (*Y*) и скандий (*Sc*). РЗМ принято разделять на две группы: легких РЗЭ (*LREE*), включающую обычно элементы от лантана до европия, и тяжелых РЗЭ (*HREE*), включающую элементы от гадолиния до лютеция и иттрий. В отечественной практике иногда вводится промежуточная группа средних РЗЭ — от самария до гольмия. Группу легких РЗЭ принято называть цериевой, группу тяжелых — иттриевой. Границы между группами в разных источниках могут варьировать.

Россия располагает одной из крупнейших сырьевых баз РЗМ, а объемы их добычи из недр сопоставимы с показателями Китая — главного производителя и поставщика РЗМ на мировой рынок. Однако единственным промышленным источником редкоземельной продукции в стране является лопаритовый концентрат, производимый из руд Ловозерского месторождения в Мурманской области. В результате вклад России в мировое производство редкоземельного сырья составляет порядка 1%.

Согласно доступным данным, мировые запасы РЗМ составляют около 106 млн т в пересчете

на сумму триоксидов РЗМ (ΣTR_2O_3). Товарная добыча в 2022 г., по предварительным данным, превысила показатель 2021 г. на 11,7%, что в основном было обеспечено ее расширением в Китае и США (табл. 1). Основными минералами, из которых извлекаются РЗМ, являются бастнезит, монацит, ксенотим, лопарит (последний только в России). Главным источником РЗМ тяжелой группы являются глины с ионносорбированными РЗМ, добываемые в Китае и Мьянме.

Однозначным лидером по производству РЗМ и их поставкам на мировой рынок является **Китай** — единственная страна, осуществляющая поставки всех видов редкоземельной продукции от сырья до продукции высоких переделов. На его территории действуют более 200 редкоземельных предприятий (без учета мелких нелегальных), включая более 30 рудников и более 10 обогатительных фабрик. Внутренний спрос на РЗМ, особенно на неодим и празеодим, используемые для производства постоянных магнитов, растет примерно на 10% в год.

В рамках консолидации редкоземельной промышленности Китая в конце 2021 г. было создано новое государственное предприятие — *China Rare Earth Group*, объединившее редкоземельные подразделения трех горнодобывающих конгломератов (*Aluminium Corp. of China*, *China Minmetals Corp.* и *Ganzhou Rare Earth Group Co.*) и двух научно-исследовательских центров (*China Iron & Steel*

Таблица 1 Запасы РЗМ и объемы их товарной добычи в мире

Страна	Запасы, категория	Запасы, млн т ΣTR_2O_3	Доля в мировых запасах, % (место в мире)	Товарная добыча в 2022 г., тыс. т ΣTR_2O_3	Доля в мировой добыче, % (место в мире)
Китай	<i>Reserves</i>	44 ¹	41,5 (1)	210 ^{1*}	71,4 (1)
США	<i>Reserves</i>	2,3 ¹	2,2 (5)	43 ¹	14,6 (2)
Австралия	<i>Proved + Probable Reserves</i>	1,6 ²	1,5 (6)	18	6,1 (3)
Мьянма	<i>Reserves</i>	н/д	н/д	12 ¹	4,1 (4)
Вьетнам	<i>Reserves</i>	22 ¹	20,8 (2)	4,3 ¹	1,5 (5)
Индия	<i>Reserves</i>	6,9 ¹	6,5 (3)	2,9	1 (6)
Россия	Запасы категорий А+В+С ₁ +С ₂ **	3,8 ³	3,6 (4)	2,6 ³	0,9 (7)
Прочие	<i>Reserves</i>	25,3 ¹	23,9	1,1	0,4
Мир	Запасы	105,9	100	293,9	100

н/д — данные не доступны

* производственная квота

** разрабатываемых и подготавливаемых к освоению месторождений

Источники: 1 – *U.S. Geological Survey*, 2 – *Australian Government*, 3 – ГФЗ РФ

Research Institute Group и *GRINM Group Corp.*) и ставшее крупнейшим мировым производителем РЗМ. На его долю будет приходиться около 30% общего производства РЗМ в Китае и 62% — тяжелых РЗМ. Квоты на добычу РЗМ для *China Rare Earth Group* были определены в 52 719 т (31% национальной квоты для 2021 г.), на выплавку РЗМ — в 47 129 т (29% национальной квоты для 2021 г.).

В июне 2022 г. *China Northern Rare Earth Group*, один из основных китайских производителей РЗМ, контролируемый компанией *Baotou Iron and Steel Co.*, объявила о слиянии двух своих подразделений — *Baotou Huaxing Rare Earths* и *Baotou Keri Rare Earth Materials*.

Помимо многолетнего планомерного укрупнения РЗМ-отрасли, являющейся стратегически важной для Китая, власти страны активно используют и другие инструменты контроля за ней. В их числе так называемый «негативный список» (*negative list*) — ежегодно публикуемый документ, подготавливаемый совместно Министерством промышленности и информатизации КНР и Комиссией по национальному развитию и реформам КНР, который регламентирует доступ иностранных инвестиций на рынок Китая. Среди прочего он содержит отдельный пункт о полном запрете таких инвестиций в разведку, добычу и обогащение РЗМ. В последнюю редакцию «негативного списка», опубликованного в конце 2022 г., добавлено, что иностранным инвесторам «запрещено входить в районы добычи редкоземельных металлов или получать соответствующие данные, образцы или технологии производственных процессов».

Сырьевая база Китая, основу которой составляют месторождения бастнезитовых карбонатов, является крупнейшей в мире. На территории страны расположено уникальное (содержит 70% запасов РЗМ Китая) полигенное месторождение бастнезит-эгириновых карбонатов Баян-Обо (*Bayan Obo*) с рудами, характеризующимися высоким (в среднем 6%) содержанием РЗМ цериевой группы (эксклюзивными правами на его разработку владеет *Baotou Iron and Steel Co.*). Также разрабатываются месторождения в ионно-адсорбционных глинах. Их суммарные запасы превышают 1 млн т РЗМ при низких (преимущественно 0,05–0,5%) содержаниях $\sum TR_2O_3$, при этом в них заключено значительное количество (80% мировых запасов) среднетяжелых лантаноидов и иттрия.

Добыча РЗМ в Китае регулируется квотами, которые в 2022 г. увеличились на 25% —

до 210 тыс. т $\sum TR_2O_3$ (в том числе для тяжелых РЗМ 19,5 тыс. т). Квоты на их выплавку и разделение (*the smelting and separation*) составили 202 тыс. т (+24,7% к 2021 г.). Для I полугодия 2023 г. квоты на добычу РЗМ утверждены в размере 120 тыс. т (+19% относительно I полугодия 2022 г.), на их выплавку и разделение — 115 тыс. т (+18%).

В то же время Китай является крупнейшим импортером соединений редких земель, внешние закупки которых устойчиво растут: за 2015–2021 гг. они увеличились в 4,3 раза и достигли 45,8 тыс. т. В 2022 г. импорт сократился до 44,7 тыс. т (-2,4%). Причиной этого стали перебои поставок из Мьянмы, доля которой составила около 50% (23,7 тыс. т). В 2021 г. в Китае была остановлена добыча ионной адсорбционной глины с целью внедрения технологии безаммиачного подземного выщелачивания, которая не была реализована. Поэтому поставки концентратов тяжелых РЗМ из Мьянмы являются жизненно важными для РЗМ-промышленности.

В США источником РЗМ является бастнезитовое месторождение Маунтин-Пасс (*Mountain Pass*) — второе (после Баян-Обо) по значимости разрабатываемое месторождение мира, которое эксплуатирует компания *MP Materials*. В 2022 г. производство на нем выросло до 43 тыс. т $\sum TR_2O_3$ (+2,4% относительно 2021 г.). Получаемые концентраты перерабатываются в Китае.

США в условиях ухудшения отношений с Китаем намерены развивать добычу и переработку РЗМ внутри страны; на поддержку отрасли выделено 209 млн долл. В апреле 2020 г. австралийская компания *Lynas Rare Earth Ltd.* получила от Министерства обороны США 30,4 млн долл. на строительство в шт. Техас I очереди завода сепарации редкоземельных металлов. В апреле 2021 г. подписано соглашение о строительстве установки по производству легких РЗМ. В июне 2022 г. *Lynas* получила еще примерно 120 млн долл. на строительство завода по разделению тяжелых РЗМ, который будет расположен в одном месте с установкой по разделению легких РЗМ. Предприятие будет введено в эксплуатацию в 2025 г.

Министерство обороны США также направило компании *MP Materials* 35 млн долл. на выделение и переработку тяжелых редкоземельных элементов на ее предприятии в г. Маунтин-Пасс (шт. Калифорния). Компания планирует восстановить всю цепочку поставок РЗЭ в США, включая переработку и разделение, а также производство магнитов к 2025 г.

Министерство энергетики США совместно с корпорацией *General Atomics*, ее европейским

филиалом *Umwelt-und-Ingenieurtechnik GmbH (UIT)*, компаниями *Rare Element Resources, LNV* и *Ardurra Group* начали строительство перерабатывающего завода в шт. Вайоминг.

Компания *USA Rare Earths LLC* развивает уникальное редкоземельно-редкометалльное месторождение Раунд-Топ (*Round Top*) в шт. Техас, в рудах которого содержится 15 из 17 существующих в природе редкоземельных элементов (70% заключенных в рудах РЗМ относятся к группе тяжелых). Проект должен быть введен в эксплуатацию в 2023 г.

Мьянма в 2018 г. вошла в число крупных поставщиков РЗМ, за год нарастив их добычу в 4 раза. Важной особенностью добываемого сырья является высокое содержание в нем диспрозия. Кроме того, из-за дешевой рабочей силы и низких требований к экологическим нормам, оно отличается низкой ценой. По предварительным данным, в 2022 г. в стране было добыто 12 тыс. т РЗМ (в пересчете на $\sum TR_2O_3$) против 27,1 тыс. т годом ранее. Главным потребителем материала из Мьянмы выступает Китай, закупаящий дефицитное для него сырье средних и тяжелых РЗМ. В 2022 г. им было импортировано 23,7 тыс. т РЗМ (в 2021 г. 25,1 тыс. т), в основном средне-тяжелых лантаноидов. Военный переворот, произошедший в Мьянме в 2021 г., вызвал нарушение логистических схем, что создает серьезные проблемы для переработчиков средне-тяжелых РЗМ на юге Китая.

Производство редкоземельных элементов в **Австралии** неуклонно растет. В 2022 г. оно расширилось еще примерно на 1,3% — с 15 761 до 15 970 т $\sum TR_2O_3$. Добыча ведется на месторождении Маунт-Уэлд (*Mount Weld*) компанией *Lynas Rare Earths Ltd.* Получаемые концентраты перерабатываются на расположенном в Малайзии заводе, также принадлежащем *Lynas*. Несмотря на проблемы, связанные с *COVID-19*, а также с перебоями водоснабжения на заводе в Малайзии, в 2022 г. здесь было произведено 5,9 тыс. т *NdPr* (+7,7% относительно 2021 г.).

Компания *Northern Minerals Ltd.* в IV квартале 2022 г. завершила окончательное технико-экономическое обоснование создания на базе месторождения Браунс-Рейндж (*Browns Range*) горнодобывающего и металлургического производств. Руды месторождения содержат ксенотим с высоким содержанием диспрозия (8,71%) и тербия (1,3%). Выход обогатительной фабрики на проектную мощность намечен на 2023 г., предприятие будет производить 16,7 тыс. т концентрата с содержанием $\sum TR_2O_3$ 20%, что обеспечит полу-

чение 3,4 тыс. т оксидов РЗМ, в основном иттриевой группы (в том числе 279 т оксида диспрозия). В 2022 г. на опытно-промышленной установке было переработано 8,5 тыс. т руды и произведено 70,3 т карбонатов РЗЭ, содержащих 6,3 т оксида диспрозия и 2,1 т оксида тербия. Всего за 3 года работы на установке получено 281 т карбонатов, содержащих 139,9 т оксидов РЗМ, в том числе 16,1 т оксида диспрозия и 2,14 т оксида тербия. В 2022 г. программа испытаний была завершена, установка переведена в режим обслуживания.

Австралийское правительство в 2022 г. предоставило государственный заем компании *Hastings Technology Metals* для развития своего проекта на месторождении Янгибана (*Yangibana*).

В значимых количествах РЗМ также добываются на Мадагаскаре (латеритные глины с РЗМ), в Индии, Бразилии (прибрежно-морские россыпи), Вьетнаме.

Каждая из групп РЗМ имеет свои сферы применения, что определяет различия в их востребованности. Наиболее широко используются легкие РЗМ (*Ce, La, Nd, Pr*), остальные характеризуются узкой специализацией.

Основными сферами потребления РЗМ в мире являются производство постоянных магнитов, широко применяемых в электронике, электромобилях, ветроэнергетических установках (29% мирового показателя, используются *Nd, Tb, Dy, Gd, Pr, Sm*), катализаторов для нефтеперерабатывающей, химической и автомобильной промышленности (20% — *Ce, La, Pr, Nd*); РЗМ применяются в производстве полировальных порошков (13% — *Ce, La*), стекол (8% — *Ce, La*), мишметаллов и спецсплавов (9% — *Ce, La, Nd, Pr, Y*), никель-металлогидридных аккумуляторов (8% — *La, Ce, Nd, Pr, Sm*), а также керамики (3% — *La, Ce, Nd, Y*), люминофоров (5% — *Y, Yt, Tb, Gd, Eu, Ce, La, Ho*), в атомной промышленности (3% — *Gd, La*). Структура потребления конкретных стран зависит от технологического уклада их экономики.

По оценкам консалтинговой компании *Mordor Intelligence*, рынок РЗМ в 2022 г. составил 161,4 тыс. т, а в 2023 г. достигнет 168 тыс. т. Ожидается, что в период до 2027 г. среднегодовые темпы роста спроса на РЗМ превысят 4%, центром роста будет Азиатско-Тихоокеанский регион. При этом *International Renewable Energy Agency (IRENA)* ожидает, что к 2030 г. совокупный спрос на РЗМ может увеличиться на 41%.

Наиболее динамично развивается спрос на РЗМ со стороны производителей постоянных магнитов, востребованных в автомобилестроении и возобновляемой энергетике. По оценкам агент-

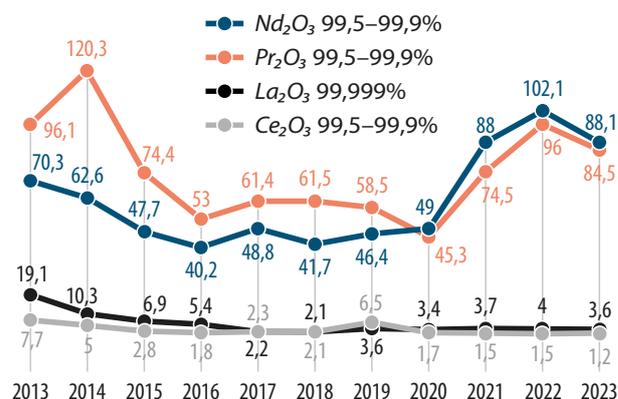
ства *Roskill*, в 2022 г. он вырос на 25%, а к 2030 г. производители постоянных магнитов будут обеспечивать до 40% спроса на РЗМ. По ожиданиям *Adamas Intelligence*, мировой спрос на неодимовые магниты в 2023 г. увеличится на 10%. По некоторым оценкам, совокупный спрос на «магнитные» РЗМ к концу текущего десятилетия может значительно превысить предложение.

Основной проблемой мирового рынка РЗМ является невозможность получения нужного количества отдельных металлов без производства пропорционального количества всех РЗМ, входящих в состав минерального сырья, что приводит к дисбалансу сегментов рынка. В среднем в добываемом сырье и продуктах его переработки почти 90% приходится на легкие РЗМ (*Ce* 50%, *La* 25%, *Nd* 9%, *Pr* 5%), около 6% — на иттрий, оставшиеся 4% — на прочие металлы средней и тяжелой групп. При этом в мире в настоящее время наиболее востребованы «магнитные» металлы: *Nd*, *Pr*, *Dy*, *Eu*, *Tb*. В результате при повышении спроса на какой-то конкретный металл или группу металлов и расширении их производства образуется избыток невостребованных или менее востребованных РЗЭ, что негативно влияет на рынок РЗМ в целом.

Доминирование Китая на рынке редких земель — результат его экспортной политики. Низкая себестоимость продукции позволила китайским производителям в 1990-е — начале 2000-х гг. поставлять РЗМ на мировой рынок по демпинговым ценам. В результате РЗМ-производства вне Китая закрылись, не выдержав конкуренции, а сам Китай создал полную технологическую цепочку РЗМ-производства и вышел на рынок продукции с высокой добавленной стоимостью. Для США, Европы и Японии доминирование Китая на рынке РЗМ становится всё большей проблемой: он обеспечивает порядка 85% мирового производства соединений и металлов, причем для диспрозия его доля составляет 95%, что рассматривается как геополитическая угроза. В связи с этим *Roskill* ожидает, что к 2030 г. ситуация принципиально изменится, и выпуск рафинированных РЗМ вне Китая может увеличиться до 70 тыс. т.

Резкий скачок цен на РЗМ (в 5–10 раз в зависимости от конкретного металла) в 2010–2011 гг., последовавший за заявлением Китая о возможном прекращении поставок металлов среднетяжелой группы, стал стимулом не только для реализации мер по диверсификации поставок странами-потребителями, но и активизации нелегальной добычи в самом Китае. В результате вплоть до 2016 г.

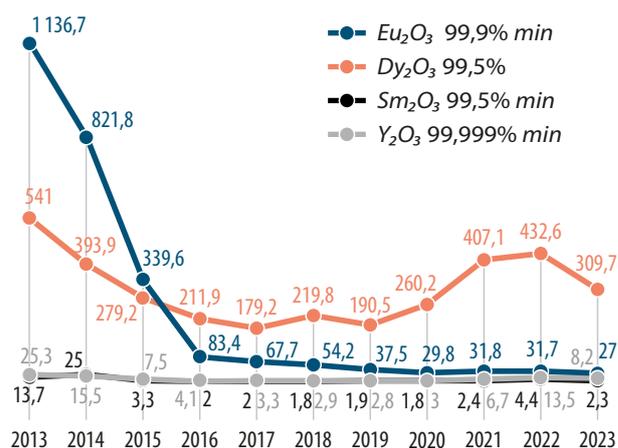
Рис. 1 Динамика цен на оксиды РЗМ легкой группы (*FOB* Китай) в 2013–2023 гг.*, долл./кг



* для 2013–2022 гг. — средние за год, для 2023 г. — средняя за I полугодие

Источники: *Asian Metal Inc.*, *BAIINFO.COM Inc.*, *MetalTorg.ru*

Рис. 2 Динамика цен на оксиды РЗМ тяжелой группы (*FOB* Китай) в 2013–2023 гг.*, долл./кг



* для 2013–2022 гг. — средние за год, для 2023 г. — средняя за I полугодие

Источники: *Asian Metal Inc.*, *BAIINFO.COM Inc.*, *MetalTorg.ru*

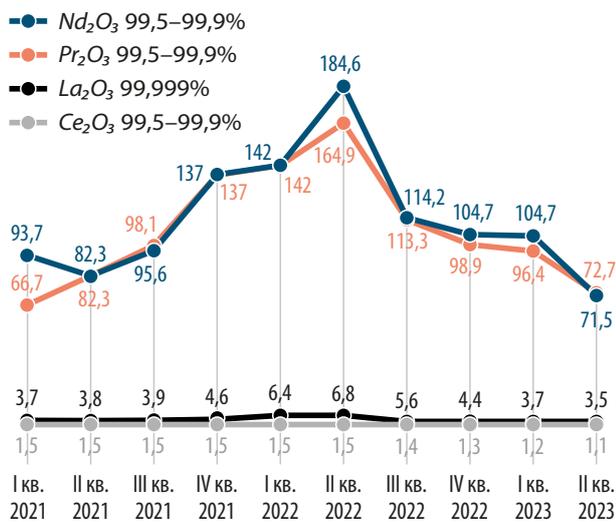
цены снижались и для ряда металлов вернулись к уровню 2009–2010 гг. (рис. 1, 2). Этот тренд негативно повлиял на реализацию редкоземельных проектов компаниями США и Австралии, которые были вынуждены корректировать сроки и предпринимать действия по снижению операционных расходов.

В 2019 г. Китай в условиях торговой войны с США рассматривал возможность перекрытия поставок РЗМ-продуктов в США, что вызвало скачок цен на них в начале года. Тогда эта угроза не была реализована, а цены снизились и оставались стабильными до конца года. При этом вероятность введения Китаем ограничений на экспорт в США

сохраняется. Так, в начале 2021 г. в Министерстве промышленности и информатизации КНР обсуждался законопроект, касающийся контроля над производством и экспортом РЗМ.

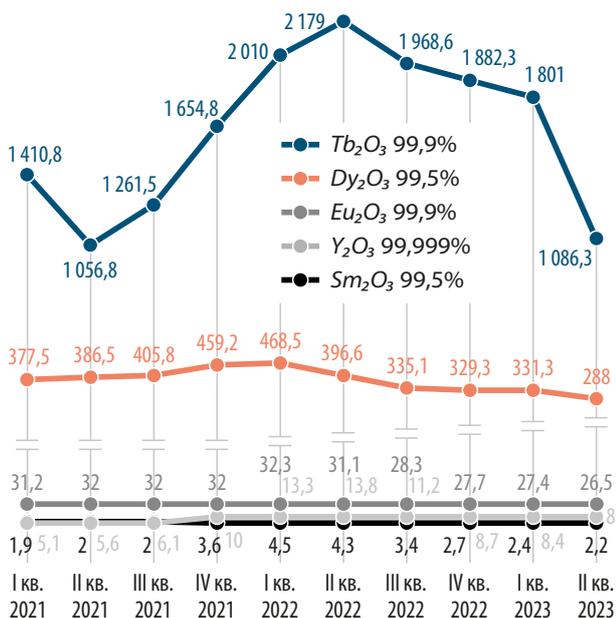
В 2020–2021 гг. из-за ограничений, вызванных пандемией COVID-19, Китай снизил переработку РЗМ и, соответственно, их экспорт: в указанные годы он составил 29,3 и 39,5 тыс. т, соответственно.

Рис. 3 Динамика среднеквартальных цен на оксиды РЗМ легкой группы (FOB Китай) в 2021–2023 гг., долл./кг



Источники: Asian Metal Inc., BAINFO.COM Inc., MetalTorg.ru

Рис. 4 Динамика среднеквартальных цен на оксиды РЗМ тяжелой группы (FOB Китай) в 2021–2023 гг., долл./кг

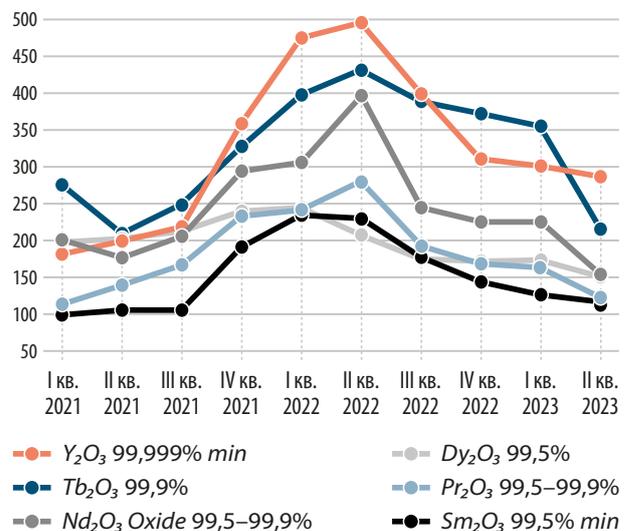


Источники: Asian Metal Inc., BAINFO.COM Inc., MetalTorg.ru

В 2022 г. он увеличился до 39,6 тыс. т (+0,3%), однако остался ниже рекордного уровня в 45,7 тыс. т, достигнутого в 2018 г. По мнению экспертов, есть несколько причин сокращения поставок. Во-первых, в самом Китае растет производство высокотехнологичной продукции, что расширяет внутренний спрос на редкоземельные металлы. Так, в начале 2022 г. на рынке было ограничено количество неодима — основного легкого редкоземельного элемента, используемого при создании постоянных магнитов. Этому способствовали инвестиции Китая в собственное производство магнитов на основе неодима, железа и бора, спрос на которые превысил рыночный. Во-вторых, падение экспорта стало следствием ужесточения мер по защите окружающей среды и природных ресурсов. В-третьих, это сокращение является реакцией Китая на снижение потребностей в РЗМ за его пределами из-за экономического спада и пандемии.

Вызванное снижением китайского экспорта ограничение предложения РЗМ привело к росту цен на них. В начале 2021 г. резко выросли цены на «магнитные» металлы (Nd , Pr , Dy , Tb , Y), что объяснялось всплеском спроса на $NdFeB$ магниты для бытовой электроники, вызванным ожиданиями роста продаж ноутбуков, планшетов, интеллектуальных динамиков и дисплеев для дистанционной работы, которая в условиях пандемии COVID-19 приобрела массовый характер, а также на фоне опасений, что беспорядки в Мьянме,

Рис. 5 Динамика индекса среднеквартальных цен китайских производителей на оксиды «магнитных» РЗМ (FOB Китай) в 2021–2023 гг., %



2019 г. — 100%

Источники: Asian Metal Inc., BAINFO.COM Inc., MetalTorg.ru

связанные с государственным переворотом, могут остановить поставки руды и концентратов. За год оксиды *Nd*, *Pr*, *Dy* и *Tb* подорожали более чем на 250–300% (рис. 3, 4, 5).

В I полугодии 2022 г. высокие темпы роста цен на РЗМ, особенно на «магнитные», сохранялись. Но с III квартала они начали снижаться. Этому способствовало замедление роста продаж электромобилей из-за повышения их стоимости и увеличение затрат на их обслуживание, причиной чего стало введение рядом стран налогообложения на электромобили, прекращение их субсидирования в Китае, сокращение производства из-за нехватки полупроводниковых схем.

В 2022 г. Китай укрепил свой статус крупнейшего производителя РЗЭ: его доля в мировом выпуске РЗМ составляет 80–95% в зависимости от металла. Китай доминирует в производстве и переработке ключевых РЗМ, необходимых для

создания не только гражданских и промышленных устройств, но и военного и аэрокосмического оборудования. В самом Китае растет выпуск высокотехнологичной продукции, что расширяет внутренний спрос на РЗМ. Кроме того, более 80% исходного сырья, получаемого на рудниках остального мира, отправляется для последующей переработки и очистки на китайские гидрометаллургические предприятия, обладающие наиболее развитыми технологиями плавления и сепарации. При этом Китай наращивает импорт соединений РЗМ, тем самым ограничивая возможности потребителей найти альтернативных поставщиков. Сложившаяся на рынке напряженность усугубляется ростом выпуска электромобилей, развитием «зеленой» энергетики и ростом потребления РЗМ в других областях, а также торговым противостоянием США–Китай, обострение которого может еще больше осложнить ситуацию на рынке.

СОСТОЯНИЕ СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ РОССИИ

По состоянию на 01.01.2023 балансовые запасы РЗМ, заключенные в 18 коренных месторождениях, составили 28,7 млн т $\sum TR_2O_3$, еще одно месторождение содержит только забалансовые запасы. Забалансовые запасы в целом по стране составляют 11,6 млн т $\sum TR_2O_3$. Все учитываемые месторождения являются комплексными, в которых РЗМ преимущественно являются попутными компонентами; только в Ловозерском и Катугинском они входят в число главных компонентов.

Кроме того, учитываются 2 техногенных месторождения с суммарными запасами 12,9 тыс. т $\sum TR_2O_3$.

Дополнительно запасы РЗМ учтены на одном месторождении в Запорожской области (2,2 млн т $\sum TR_2O_3$). ГБЗ РФ по состоянию на 01.01.2023 эти запасы не учитывает.

Сырьевая база РЗМ России характеризуется высокой географической концентрацией: 46,1% запасов сосредоточено в девяти объектах Мурманской области (рис. 6, табл. 2). Из них 25% — в Ловозерском месторождении комплексных лопаритовых руд — единственном в стране объекте, разрабатываемом на РЗМ. Остальные запасы региона заключены в апатит-нефелиновых рудах восьми месторождений Хибинской группы, основным компонентом которых является фосфор. РЗМ — попутные и характеризуются низким содержанием — в среднем 0,34% $\sum TR_2O_3$.

В объектах Сибири и Дальнего Востока содержится 50,2% российских запасов РЗМ. Из них

30,2% заключены в крупных месторождениях комплексных руд, связанных с карбонатами и корами выветривания по ним (Томторском в Республике Саха (Якутия), Чуктуконском в Красноярском крае и Белозиминском в Иркутской области). Еще 15,4% сконцентрированы в Селигдарском месторождении апатит-карбонатных метасоматитов, основным компонентом которых является фосфор; содержание РЗМ в них низкое. Остальные запасы заключены в комплексных редкометалльных метасоматических месторождениях по щелочным гранитам (Улуг-Танзекском в Республике Тыва и Зашихинском в Иркутской области; 1,9%) и метаморфогенным породам зон тектонических нарушений (Катугинском в Забайкальском крае; 2,8%). На Катугинском месторождении среднее содержание $\sum TR_2O_3$ 0,37%, при этом отмечаются высокие содержания иттрия и лантаноидов иттриевой группы — доля тяжелых РЗМ составляет 30–40%.

С нефтеносными лейкоксеновыми песчаниками Ярегского месторождения в Республике Коми связаны 3,6% запасов России. Среднее содержание РЗМ в них составляет 0,04%, промышленная технология их извлечения отсутствует.

Оставшиеся 0,1% запасов содержатся в мелком Шаргадыкском месторождении редкоземельно-фосфор-урановых руд в Республике Калмыкия. Основные концентрации РЗМ, как и урана, связаны с фоссилизованным костным детритом.

Рис. 6 Распределение запасов РЗМ между субъектами Российской Федерации (млн т ΣTR_2O_3) и их основные месторождения



Источник: ГБЗ РФ

В Запорожской области располагается крупное Новополтавское редкометалльно-апатитовое месторождение в карбонатитах, в рудах которого помимо редких земель содержатся фосфор, тантал и ниобий. Содержание ΣTR_2O_3 в коренных рудах варьирует от 0,17 до 4,6%, в коре выветривания оно повышается в несколько раз.

Отечественные редкометалльно-редкоземельные месторождения по качеству руд существенно отличаются от зарубежных собственно редкоземельных объектов (Баян-Обо, Маунтин-Пасс, Маунт-Уэлд и др.). Руды российских объектов как правило комплексные, с невысоким содержанием РЗМ и переменным гранулярным составом минералов, тесно ассоциирующих между собой и с породообразующими. Для них также характерно совместное присутствие минералов с разными технологическими свойствами. В большинстве своем руды радиоактивные. Для столь сложного по составу сырья требуются нестандартные технологические решения, основанные на комбинировании обогатительных и пиро-гидрометаллургических технологий. Обоганительные технологии предусматривают применение гравитационной и магнитной сепарации,

доводку черновых концентратов методами электрической сепарации, прямой и обратной флотации. Редкометалльные концентраты, содержащие РЗМ (ортитовый, гагаринитовый, цирконовый, колумбитовый и др.), поступают на пирогидрометаллургический передел спеканием, сульфатизацией, выщелачиванием для перевода РЗМ в раствор с его последующей переработкой химическим осаждением при производстве карбонатов РЗМ, либо экстракцией и сорбцией при получении индивидуальных оксидов. Реализация таких технологий сопряжена с высокими энергетическими и материальными затратами, а также значительными технологическими рисками.

Извлечение РЗМ из руд апатит-нефелиновых месторождений Хибинской группы может быть рентабельным при комплексной переработке апатита. В России его переработка в фосфорные удобрения в основном осуществляется сернокислотным способом, который приводит к образованию ряда промпродуктов, из которых возможно выделение РЗМ: фосфогипса, экстракционной фосфорной кислоты (ЭФК), оборотной фосфорной кислоты и осадка после получения

Таблица 2 Основные месторождения РЗМ

Месторождение (субъект РФ)	Геолого-промышленный тип	Запасы на 01.01.2023 категорий, тыс. т ΣTR_2O_3		Доля в запасах РФ, %	Содержание РЗМ в рудах, % ΣTR_2O_3	Добыча в 2022 г., тыс. т ΣTR_2O_3
		A+B+C ₁	C ₂			
РАЗРАБАТЫВАЕМЫЕ						
ООО «Ловозерский ГОК»						
Ловозерское* (Мурманская обл.)	Лопаритовый	2 644,0	4 522,8	25	1,11	2,6
РАЗРАБАТЫВАЕМЫЕ НА ДРУГИЕ КОМПОНЕНТЫ						
АО «Апатит» (ПАО «ФосАгро»)						
Кукисвумчоррское* (Мурманская обл.)		831,6	3,2	2,9	0,24	24,6
Юкспорское (Мурманская обл.)		1 573,7	—	5,5	0,34	32,1
Апатитовый Цирк (Мурманская обл.)	Апатит-нефелиновый	287,8	24,8	1,1	0,36	20,4
Коашвинское** (Мурманская обл.)		—	—	—	0,39	11,4
Ньорпахкское* (Мурманская обл.)		201,7	21,7	0,8	0,37	11,7
АО «Северо-Западная Фосфорная Компания» (ПАО «Акрон»)						
Олений ручей (Мурманская обл.)	Апатит-нефелиновый	907,2	436	4,7	0,38	13,4
ПОДГОТОВЛИВАЕМЫЕ К ОСВОЕНИЮ						
ЗАО «ГК»Партомчорр» (ПАО «ФосАгро»)						
Партомчоррское (Мурманская обл.)	Апатит-нефелиновый	1 505,2	257,7	6,1	0,2	—
ООО «Восток Инжиниринг» (ООО «ТриАрк Майнинг»)						
Томторское, уч. Буранный (Республика Саха (Якутия))	Коры выветривания карбонатитов	2 640,4	592,5	11,3	11,99***	—
ООО «ЯрегаРуда», ООО «ЛУКОЙЛ-Коми» (ПАО «ЛУКОЙЛ»)						
Ярегское* (Республика Коми)	Нефтеносные лейкоксеновые песчаники	219,4	811,7	3,6	0,04	—
ЗАО «ТЕХНОИНВЕСТ АЛЬЯНС»						
Зашихинское* (Иркутская обл.)	Щелочные граниты	—	44,4	0,2	0,07	—
НЕРАСПРЕДЕЛЕННЫЙ ФОНД НЕДР						
Чуктуконское (Красноярский край)	Коры выветривания карбонатитов	952,9	1 909,4	10	5,38	—
Селигдарское (Республика Саха (Якутия))	Апатит-карбонатный	4 410,4	—	15,4	0,35	—
Белозиминское (Иркутская обл.)	Коры выветривания карбонатитов	—	1 645,9	5,7	0,9	—

* часть запасов месторождения учитывается в нераспределенном фонде недр

** учитываются только забалансовые запасы

*** расчет содержания ΣTR_2O_3 выполнен на влажную руду

Источник: ГБЗ РФ

упаренной фосфорной кислоты. Перспективным направлением работ по увеличению производства РЗМ является их извлечение из фосфогипса и ЭФК.

По состоянию на 01.01.2023 освоенность российской сырьевой базы РЗМ находилась на среднем уровне — в распределенном фонде недр заключено 34,4% запасов. В разработку

вовлечено 16,5% запасов, при этом с целью извлечения РЗМ — всего 1,9% (рис. 7). Еще 17,9% приходится на долю подготавливаемых к освоению объектов, в том числе апатит-нефелиновых руд (6,1%). В нераспределенном фонде недр находилось 65,6% запасов РЗМ, причем 79,7% запасов, не переданных в освоение, заключены в Ловозерском (32,4%), Селигдарском (23,4%),

Рис. 7 Структура запасов РЗМ по степени промышленного освоения, млн т ΣTR_2O_3 

Источник: ГБЗ РФ

СОСТОЯНИЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИИ

Добыча и производство

Добыча РЗМ из недр в последние 10 лет варьировала от 83 до 124,5 тыс. т в пересчете на ΣTR_2O_3 , при этом на долю товарной добычи приходилось всего 2–3% (или 2,2–2,9 тыс. т ΣTR_2O_3). Источником товарной добычи являются лопаритовые руды, тогда как основной объем добычи приходится на апатит-нефелиновые руды, разрабатываемые на фосфор.

В 2022 г. добыча РЗМ составила 118,1 тыс. т в пересчете на ΣTR_2O_3 (+0,3% относительно 2021 г.), из них 115,5 тыс. т (97,8%) — из апатит-нефелиновых руд. Добыча из лопаритовых руд с последующим извлечением РЗМ в концентрат составила 2,6 тыс. т ΣTR_2O_3 (+4%). Выпуск лопаритового концентрата (производится только в России) сократился на 2,6% — до 7,5 тыс. т (рис. 8).

РЗМ добываются только в Мурманской области. Здесь разрабатываются Ловозерское месторождение лопаритовых руд, где ведется товарная добыча, и 7 месторождений апатит-нефелиновых руд Хибинской группы, разрабатываемых на фосфатное сырье (рис. 9).

Рис. 8 Динамика товарной добычи РЗМ и производства лопаритового концентрата в 2013–2022 гг.

Источник: ГБЗ РФ

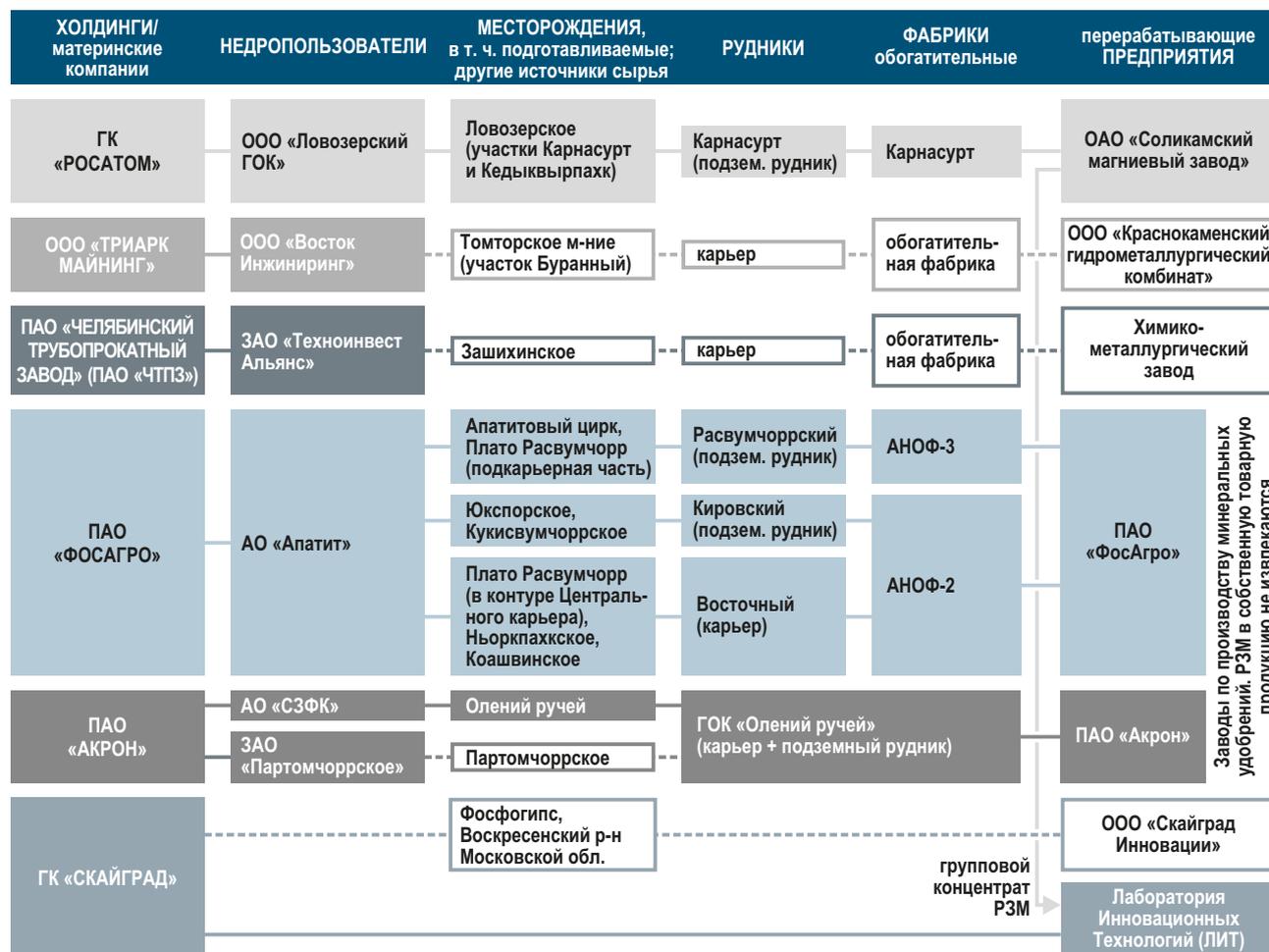
Чуктуконском (15,2%) и Белозиминском (8,7%) месторождениях. Запасы нераспределенного фонда недр неоднородны по качеству: среднее содержание РЗМ в них варьирует от 0,06 до 10,7% ΣTR_2O_3 . Для вовлечения в эксплуатацию наиболее перспективны запасы Ловозерского месторождения, на базе двух участков которого действует Ловозерский ГОК.

Добычу руд Ловозерского месторождения и их переработку с получением лопаритового концентрата, содержащего в промышленных количествах РЗМ, титан, ниобий и тантал, ведет ООО «Ловозерский ГОК» (ООО «ЛГГОК»). В его составе действуют подземный рудник Карнасурт, разрабатывающий участки Карнасурт и Кедыквырпахк, и Карнасуртская обогатительная фабрика. В 2022 г. предприятие добыло 2,6 тыс. т ΣTR_2O_3 (0,3 тыс. т на участке Карнасурт и 2,3 тыс. т на участке Кедыквырпахк). Обеспеченность ООО «ЛГГОК» высокая: запасы руды разрабатываемых участков достаточны для поддержания добычи на текущем уровне более 100 лет, при этом на их долю приходится 6,3% запасов месторождения в целом.

Переработка руды Ловозерского месторождения проводится по гравитационной схеме с доводкой черного концентрата электрической и магнитной сепарацией. Товарным продуктом является лопаритовый концентрат, отвечающий требованиям ТУ 1763-001-71899056-2005. В 2022 г. фабрикой переработано 384,3 тыс. т руды, содержащей 2% лопарита, получено 7 456 т лопаритового концентрата чистотой 96,9%; извлечение лопарита в концентрат 79,4%.

Лопаритовый концентрат, произведенный ООО «ЛГГОК» и содержащий в среднем 28–30% ΣTR_2O_3 , 35–38% TiO_2 , 7,5–8,0% Nb_2O_5 , 0,5–0,8% Ta_2O_5 , для дальнейшей переработки направляется ОАО «Соликамский магниевый завод» (ОАО «СМЗ», Пермский край). На предприятии организовано хлорное вскрытие лопаритовых руд, обеспечивающее извлечение 95,5–96% РЗМ (в плав хлоридов, из которых далее получают неразделенные карбонаты РЗМ), 93–94% ниобия и 86–88% тантала (в технические оксиды), 96,5–97% титана (в технический тетрагидрид). Его производственные мощности позволяют перерабатывать до 13 тыс. т лопаритового концентрата

Рис. 9 Структура редкоземельной промышленности Российской Федерации



Контуром показаны подготавливаемые к эксплуатации месторождения и проектируемые предприятия

Источники: ГБЗ РФ, открытые данные компаний

с получением до 3,6 тыс. т соединений РЗМ (в пересчете на $\sum TR_2O_3$), а также до 800 т соединений ниобия (в пересчете на Nb_2O_5), до 60 т соединений тантала (в пересчете на Ta_2O_5), до 2,5 тыс. т губчатого титана и соединений титана (в пересчете на Ti). В планах компании создание собственного производственного комплекса по разделению коллективного концентрата РЗМ на соединения индивидуальных металлов.

В 2020 г. ОАО «СМЗ» было переработано 9 530 т лопаритового концентрата. Произведено 2 663,2 т соединений РЗМ в пересчете на $\sum TR_2O_3$, из которых 2 649,3 т направлено на экспорт, 13,9 т — на внутренний рынок. Данные о производственных показателях в 2021–2022 гг. компания не публиковала. По данным Росстата, производство соединений РЗМ в 2021 г. составило 2,3 тыс. т $\sum TR_2O_3$, в 2022 г. — 2,2 тыс. т.

Месторождения апатит-нефелиновых руд Хибинской группы разрабатывают АО «Апатит» (ПАО «ФосАгро») и АО «Северо-Западная фос-

форная компания» (ПАО «Акрон»); их товарной продукцией являются апатитовые концентраты и фосфорные удобрения. РЗМ заключены в апатите, их содержание в минерале в среднем составляет около 1%. Апатитовый концентрат перерабатывается в удобрения по серноокислотной схеме, при этом РЗМ частично переходят в экстракционную фосфорную кислоту (20%), частично в фосфогипс (80%) — твердый отход производства, который складывается.

Внутреннее потребление

Потребление РЗМ в России составляет порядка 1,2 тыс. т различных продуктов (соединений, сплавов и лигатур). Основным спросом (93%) пользовались соединения редкоземельных металлов; на долю смесей и сплавов приходилось 7%.

Одна из особенностей российского редкоземельного рынка — наличие множества потребителей с небольшим спросом и разнообразными требованиями к качеству товаров. В настоящее

время на рынке присутствует более 130 потребителей. У большинства из них годовое потребление не превышает нескольких тонн РЗМ-соединений или металлов, многие используют не более нескольких сотен килограммов продуктов в год.

Основными сферами потребления РЗМ в России являются оптическое производство и полировальные порошки (*Ce, Y, Nd, Eu*; 43,7% в 2021 г.), производство катализаторов для нефтепереработки, химической промышленности, автокатализаторов (*Ce, La, Pr, Nd*; 38,4%); металлургия (мишметаллы, спецсплавы) (*Ce, La, Nd, Pr*; 13,2%), производство керамики (*Ce, La, Pr*; 2,3%); лабораторные реактивы (1,8%), а также фармацевтика, электроника, искусственные кристаллы, люминофоры, магниты.

Смеси и сплавы РЗМ в основном применяются в оптической промышленности для полировки стекла. Наиболее крупным потребителем является ООО «НПФ «Балтийская мануфактура» (г. Санкт-Петербург).

Соединения и смеси РЗМ используются для производства катализаторов для нефтепереработки, химической промышленности, автокатализаторов. Основными потребителями этих соединений являются ООО «Химтех» (г. Москва) и ООО НПФ «Балтийская мануфактура» (г. Санкт-Петербург).

Для производства керамики востребованы металлы и сплавы; их основной потребитель — ОАО «Первоуральский динасовый завод» (Свердловская обл.).

В металлургии смеси и сплавы РЗМ находят применение в основном в виде мишметаллов (50% *Ce*, 30% *La*, 15% *Nd*, 5% *Pr*). В число их основных потребителей входят расположенные в г. Челябинск ООО «Новые перспективные продукты. Технология», АО «Научно-исследовательский институт металлургии», ООО ТК «РЗМ-Металлургия».

Остальную часть потребления обеспечивают производители искусственных кристаллов, люминофоров, ряд других направлений.

Потребление РЗМ для производства постоянных магнитов (*Nd, Pr, Sm, Eu, Gd, Tb, Y*) составля-

ет менее 1% российского спроса на РЗМ (в мире более 75%). В числе российских производителей магнитов НПО «Эрга» (г. Калуга), ОАО «Завод Магнетон» (г. Санкт-Петербург), ООО «Полимагнит» (г. Москва, г. Троицк) и др.

В ноябре 2020 г. ООО «Элемаш Магнит» (входит в структуру ТК «ТВЭЛ» Госкорпорации «Росатом») выпустило первую партию магнитов из редкоземельных сплавов для генераторов ветроустановок. В мае 2023 г. холдинг «Росэлектроника» (входит в структуру Госкорпорации «Ростех») объявил, что в рамках сотрудничества с ООО «Элемаш магнит» на Кимовском радиоэлектромеханическом заводе освоена технология защиты сверхмощных неодимовых магнитов от коррозии. Благодаря ее применению станет возможным крупносерийное производства заготовок постоянных магнитов на основе сплава *NdFeB*.

В декабре 2022 г. ООО «РЭНЕРА» (компания-интегратор по системам накопления энергии ТК «ТВЭЛ») открыла новое сборочное производство литий-ионных систем накопления энергии на территории Московского завода полиметаллов (АО «МЗП»). На МЗП организовано серийное производство батарей для электротранспорта и стационарных систем накопления энергии. Годовой выпуск продукции составит до 150 МВт.ч батарей для стационарных систем (совокупная емкость выпускаемых устройств) или порядка 2 тыс. тяговых аккумуляторных батарей для электротранспорта.

В мае 2023 г. ОАО «Русатом МеталлТех» (дивизиональный интегратор по металлургии ТК «ТВЭЛ») анонсировало планы к 2026 г. запустить серийное производство неодимовых магнитов из отечественного сырья для нужд ветроэнергетики и производства электродвигателей. В рамках XXVI Петербургского международного экономического форума компания заключила соглашение с правительством Удмуртии о сотрудничестве в реализации инвестиционных проектов, в числе которых — строительство такого завода в г. Глазов.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИИ

В 2022 г. велись работы по подготовке к эксплуатации четырех месторождений, в рудах которых учитываются РЗМ: Томторского (участок Буранный), Зашихинского, Партомчоррского и Ярегского (участок Титановый 1 Нижней россыпи). Извлечение РЗМ в товарную продукцию

предусмотрено только для Томторского и Зашихинского месторождений (табл. 3, рис. 10).

Работы по освоению Зашихинского месторождения ведет ЗАО «ТЕХНОИНВЕСТ АЛЬЯНС». Согласно техническому проекту (2019 г.), добыча будет вестись открытым способом с поэтапным

Таблица 3 Основные проекты освоения месторождений РЗМ

Месторождение (субъект РФ)	Способ отработки	Проектная мощность по руде, тыс. т в год	Другие извлекаемые компоненты	Экономическая освоенность района	Этап освоения
ЗАО «ТЕХНОИНВЕСТ АЛЬЯНС»					
Зашихинское (Иркутская обл.)	Открытый	1 020	Ta_2O_5 , Nb_2O_5 , ZrO_2	Район слабо освоен	Строительство
ООО «Восток Инжиниринг» (ООО «ТриАрк Майнинг»)					
Томторское, участок Буранный (Республика Саха (Якутия))	Открытый	160*	Nb_2O_5 , Sc_2O_3	Район не освоен	Согласован проект

* сухая руда

Источники: протоколы ЦКР-ТПИ Роснедр ФБУ «ГКЗ», открытые данные компаний

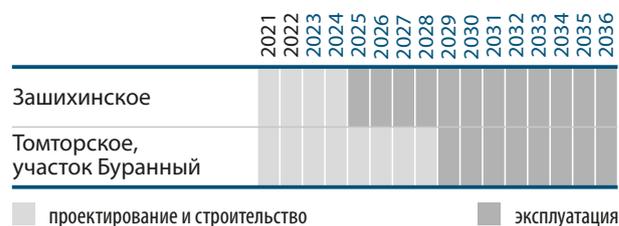
вовлечением в отработку запасов в количестве 63,4 млн т; всего предусмотрено 3 этапа, которые охватывают период с 2024 до 2087 гг. Проектная документация разработана для первого этапа (2025–2044 гг.) и предполагает отработку 20,2 млн т руды с производительностью по добыче в 1,02 млн т руды в год. На 2022–2024 гг. запланированы горно-подготовительные работы, на 2025 г. — начало промышленной добычи, на 2026 г. — выход на проектную мощность. По заявлению недропользователя, планируется коррекция календарного плана добычных работ.

Первичную переработку руды предполагается осуществлять на строящейся обогатительной фабрике по гравитационно-магнитной технологии с получением двух концентратов: колумбитового (6,8 тыс. т/год, содержащего 2 141 т Nb_2O_5 , 171 т Ta_2O_5 , 618 т ZrO_2 , 162 т ΣTR_2O_3) и цирконового (7 тыс. т/год, содержащего 112 т Nb_2O_5 , 23 т Ta_2O_5 , 3 408 т ZrO_2 , 216 т ΣTR_2O_3). По техническому проекту (2019 г.), начало производства ожидается в 2026 г.

Концентраты будут перерабатываться на химико-металлургическом заводе (ХМЗ), который будет построен в г. Краснокаменск (Забайкальский край) вблизи промышленного комплекса ПАО «ППГХО». На начальном этапе работы ХМЗ будет перерабатывать только колумбитовый концентрат по серноокислотно-фторидной схеме. В дальнейшем предполагается вовлечение в переработку и цирконового концентрата (по щелочно-серноокислотно-фторидной схеме). Товарными продуктами ХМЗ станут коллективный концентрат оксидов РЗМ, пентаоксид тантала, пентаоксид ниобия, феррониобий, после начала переработки цирконового концентрата — диоксид циркония.

Освоение Томторского месторождения (проект реализует ООО «ТриАрк Майнинг» и его дочерняя компания ООО «Восток Инжиниринг») предусмотрено Стратегией развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года, утвержден-

Рис. 10 Сроки основных этапов подготовки месторождений РЗМ к эксплуатации



Источники: протоколы ЦКР-ТПИ Роснедр, данные лицензионных соглашений, открытые данные компаний

ной Указом Президента Российской Федерации от 26.10.2020 № 645. Проект включен в Национальную программу социально-экономического развития Дальнего Востока на период до 2024 года и на перспективу до 2035 года, утвержденную распоряжением Правительства Российской Федерации от 24.09.2020 № 2464-р в качестве основного направления социально-экономического развития Республики Саха (Якутия), а также в Стратегию социально-экономического развития Арктической зоны Республики Саха (Якутия) на период до 2035 года, утвержденную Указом Главы Республики Саха (Якутия) от 14.08.2020 № 1377. Его первым этапом является ввод в эксплуатацию участка Буранный, освоение которого включает строительство горнодобывающего предприятия на объекте и гидрометаллургического комбината вблизи г. Краснокаменск в Забайкальском крае (ООО «Краснокаменский гидрометаллургический комбинат» — ООО «КГМК»).

Особенность Томторского месторождения в том, что его руда является природным концентратом, не требующим предварительного обогащения. Для него характерно совместное присутствие нескольких полезных минералов, нередко имеющих разные формы выделения, тесные срастания полезных минералов между собой и с породообразующими, склонность к искусственной сегрегации. Это определяет

сложность технологии извлечения из руды всех ценных компонентов с получением продукции требуемого промышленностью качества.

Согласно проекту разработки Буранного участка (2021 г.), в 2025–2027 гг. на объекте будут проводиться горно-капитальные и подготовительные работы и в конце 2027 г. начнется эксплуатация. Стратегия освоения участка, разработанная исходя из потребностей перерабатывающего предприятия в 160 тыс. т руды в год, предусматривала отработку всех его балансовых запасов в 2 этапа (в случае изменения рыночных условий стратегия будет пересмотрена). Первый этап (2027–2041 гг.) предусматривал отработку открытым способом балансовых запасов руды в количестве 13,8 млн т (Nb_2O_5 5,0%, Sc_2O_3 0,04%, $\sum TR_2O_3$ 10,8%) с ее частичным складированием на территории месторождения. Проектная годовая добыча руды — до 1,66 млн т, ежегодная отгрузка на КГМК — 160 тыс. т. В 2042 г. карьер предполагалось законсервировать, на КГМК будет поставляться складированная руда. После исчерпания складированной руды карьер будет расконсервирован для доработки оставшихся балансовых запасов руды в количестве 16,7 млн т (второй этап).

В октябре 2022 г. в связи с неблагоприятной геополитической ситуацией и действиями недружественных стран были внесены изменения в лицензионное соглашение: установлено, что месторождение должно быть введено в эксплуатацию не позднее 01.12.2029.

В соответствии с требованиями КГМК, первые 10 лет на него будет поставляться руда с содержанием Nb_2O_5 >10% и $\sum TR_2O_3$ 9,5–13%. В последующие 5 лет будут перерабатываться руды с содержанием Nb_2O_5 8–10% и $\sum TR_2O_3$ 10–11%. Руда с меньшим содержанием Nb_2O_5 будет складироваться.

КГМК будет производить оксид ниобия, поставляемый в виде давальческого сырья на сторонний завод для производства феррониобия, коллективный концентрат карбонатов РЗМ, поставляемый в виде давальческого сырья на сторонний разделительный завод для производства оксидов *Ce* и *La*, оксида *NdPr*, а также смешанный концентрат карбонатов средних и тяжелых РЗЭ.

Конечной товарной продукцией переработки руды Томторского месторождения будут оксиды лантана (3 571 т/год), церия (6 625 т), празеодима (650 т), неодима (1 964 т), коллективный концентрат средне-тяжелой группы РЗМ (1 844 т), феррониобий (4 520 т) и концентрат скандия (561 т).

Перспективным направлением работ по увеличению производства РЗМ является их извлечение (и разделение) из фосфогипса и экстракционной

фосфорной кислоты (ЭФК), получаемых при сернокислотной переработке апатитовых руд.

На предприятии ОАО «ФосАгро-Череповец», ведущем переработку апатитовых руд, разработана и реализована на опытно-промышленной установке технология извлечения РЗМ из ЭФК с получением групповых концентратов РЗЭ и возвращением ЭФК в технологическую цепочку производства фосфорных удобрений. В 2018 г. установка была законсервирована.

В ПАО «Акрон» разработана технология по выделению концентрата РЗМ из технологических потоков переработки апатитового концентрата месторождения Олений Ручей с получением нескольких видов РЗМ-продукции. В 2016 г. компания запустила установку по выпуску разделенных РЗМ мощностью 200 т в пересчете на оксиды РЗМ, на которой за 2016–2019 гг. было произведено 313,3 т РЗМ-продукции (в пересчете на оксиды), включая азотнокислый раствор РЗМ, карбонат церия, оксид церия, оксид неодима, карбонат неодима, коллективные концентраты РЗЭ легкой и среднетяжелой групп. Также были получены опытные партии карбоната дидима (смесь неодима и празеодима) и полирующего порошка на основе диоксида церия. В 2021 г. из-за отрицательной рентабельности производства цех редкоземельных элементов был остановлен.

ООО «Лаборатория инновационных технологий» (ООО «ЛИТ», научно-производственное подразделение ГК «Скайград») разработало и запатентовало технологию переработки фосфогипса с извлечением редкоземельного концентрата и последующим его разделением на индивидуальные соединения РЗМ. В качестве сырья использовался групповой концентрат РЗМ производства ОАО «Соликамский магниевый завод», из которого выделяли оксиды *Ce*, *La*, *Nd*, *Pr*, а также концентрат средне-тяжелой группы РЗЭ. К концу 2020 г. на основе результатов экспериментального производства ООО «ЛИТ» увеличил объемы переработки концентрата до 1 тыс. т/год и расширил номенклатуру получаемой продукции. Было решено получать собственный концентрат РЗМ из фосфогипса (ФГ) и перевести разделительное производство на новую производственную площадку.

В 2021 г. ГК «Скайград» подписала соглашение с администрацией Воскресенского муниципального района (Московская обл.) о сотрудничестве в реализации инвестиционного проекта по переработке фосфогипса на территории района. Тогда же ООО «Скайград Инновации» и ООО «Объединенные урановые предприятия» (входит в АО «АРМЗ» — Горнорудный дивизион

Госкорпорации «Росатом») подписали соглашение о намерениях по совместной реализации проекта строительства предприятия по извлечению РЗМ из фосфогипса, получаемого АО «Воскресенские минеральные удобрения» (АО «ВМУ»).

В июле 2023 г. АО «ОХК «УралХим» совместно с Минпромторгом России, правительством Московской области, АО «ВМУ» и ООО «Скайград Инновации» в рамках 23-го Петербургского международного экономического форума заключили соглашение о сотрудничестве в реализации инвестиционного проекта по переработке фосфогипса на территории Воскресенского района.

В рамках проекта в г. Пересвет будет создано производство по переработке до 4 тыс. т группового концентрата РЗМ (в пересчете на $\sum TR_2O_3$) в год с получением индивидуальных оксидов легкой и среднетяжелой групп РЗЭ. Планируется, что его I очередь проектной производительностью по переработке 132 тыс. т фосфогипса и 500 т РЗМ в год будет запущена в I квартале 2024 г. В 2025–2026 гг. его мощность составит примерно 1 млн т фосфогипса в год с увеличением переработки РЗМ до 4 тыс. т/год; также будет запущено производство по разделению концентрата среднетяжелой группы РЗМ. В перспективе возможно дальнейшее наращивание мощности.

АО «Чепецкий механический завод» (АО «ЧМЗ», входит в Госкорпорацию «Росатом») развивает производство продукции с использованием редких металлов, включая редкоземельные магниты для потребностей ветроэнергетического дивизиона Госкорпорации «Росатом». Предприятие освоило технологию азотнокислого вскрытия лопаритового концентрата. Создание опытно-промышленного участка по его переработке позво-

лило отработать технологию и получить исходные данные для проектирования нового производства, за счет которого АО «ЧМЗ» сможет решить вопрос сырьевого обеспечения и выпуска перспективных продуктов, в том числе РЗМ.

Кроме того, специалистами АО «ЧМЗ» разработан и запатентован способ переработки эвдиалитового концентрата (является нетрадиционным сырьем для производства редких и редкоземельных металлов), также основанный на азотнокислом вскрытии концентрата и экстракционном разделении РЗМ. Способ обеспечивает высокое извлечение редкоземельных металлов (до 80%) и циркония (более 90%) с получением гидроксида циркония. Технология отработана в лабораторных условиях, проведены ее испытания на опытно-промышленной установке. Работа выполнена в рамках соглашения между Правительством Российской Федерации и Госкорпорацией «Росатом» о создании и развитии единого отраслевого производственного комплекса редких и редкоземельных металлов.

АО «ТВЭЛ» и АО «Атомредметзолото» (входят в Госкорпорацию «Росатом») развивают проект по добыче и переработке лопаритового и (в перспективе) эвдиалитового концентратов, который предусматривает восстановление рудника на участке Умбозеро Ловозерского месторождения (Мурманская обл.) и создание на площадке АО «ЧМЗ» гидрометаллургического завода по переработке лопаритового концентрата. Проектная производительность по добыче и переработке лопаритового концентрата составляет 12 тыс. т/год, его товарной продукцией будут оксиды ниобия, титана, тантала и индивидуальных РЗМ, а также нитрат калия (является ценным удобрением). Производство может быть создано к 2027 г.

ВОСПРОИЗВОДСТВО СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ РОССИИ

По состоянию на 01.01.2023 в России действовало 13 лицензий на право пользования участками недр, содержащими РЗМ: 11 — на разведку и добычу РЗМ, в том числе в качестве попутного компонента (9 расположены в Арктической зоне Российской Федерации), одна на геологическое изучение, разведку и добычу (совмещенная) и одна на геологическое изучение с целью поисков и оценки месторождений (выдана по «заявительному» принципу).

За последние 10 лет основными направлениями финансирования геологоразведочных работ (ГРР) на РЗМ за счет собственных средств не-

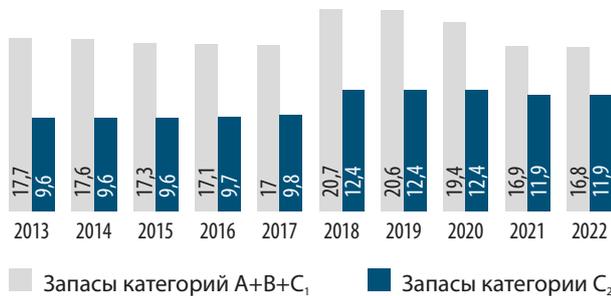
дропользователей являлись объекты, связанные с корами выветривания карбонатитов (участок Буранный Томторского месторождения в Республике Саха (Якутия)) и редкометалльными гранитами (Зашихинское месторождение в Иркутской области). В 2021 г. затраты на проведение ГРР на объектах, в рудах которых присутствуют РЗМ, составили 52,5 млн руб. (+52,5% относительно 2020 г.), в 2022 г. — 14,6 млн руб. (-72,1%), основная часть средств была направлена на оценку запасов перовскит-титаномагнетитовых руды на Центральном участке Африкандовского месторождения (не учитывается ГБЗ РФ) в Мур-

Рис. 11 Динамика финансирования ГРР на РЗМ за счет собственных средств недропользователей с распределением по геолого-промышленным типам объектов в 2013–2022 гг. и план на 2023 г., млн руб.



Источник: данные Роснедр

Рис. 13 Динамика запасов РЗМ в 2013–2022 гг., млн т ΣTR_2O_3



Источник: ГБЗ РФ

манской области (рис. 11). В 2023 г. на эти цели планируется затратить 39,1 млн руб. (+167,5%), главным образом — на оценку запасов Центрального участка Африкандовского месторождения, а также флангов участка Кедьквырпахк Ловозерского месторождения.

В 2022 г. изменения запасов РЗМ категорий A+B+C₁ за счет геологоразведочных работ произошли только на объектах Мурманской области. За счет разведки получен прирост запасов РЗМ на Ловозерском месторождении (1,2 тыс. т), за счет переоценки — на месторождениях Олений ручей (+30,3 тыс. т), Юкспорское (+11,7 тыс. т), Коашвинское (+12 тыс. т), Плато Расвумчорр (+2,4 тыс. т) (рис. 12).

В 2022 г. в целом с учетом разведки, переоценки, добычи и потерь при добыче запасы РЗМ кате-

Рис. 12 Динамика прироста/убыли запасов РЗМ категорий A+B+C₁ и их добычи в 2013–2022 гг., тыс. т ΣTR_2O_3



Источник: ГБЗ РФ

Рис. 14 Соотношение запасов и прогнозных ресурсов РЗМ, млн т ΣTR_2O_3



Источники: ГБЗ РФ, Сборник «Прогнозные ресурсы твердых и твердых горючих полезных ископаемых РФ»

горий A+B+C₁ уменьшились на 81,5 тыс. т ΣTR_2O_3 (-0,5%), категории C₂ — на 33,8 тыс. т (-0,3%) (рис. 13).

В России имеется потенциал для прироста запасов РЗМ (рис. 14). Прогнозные ресурсы наиболее изученных категорий P₁ и P₂ в пересчете на условные запасы категории C₂ составляют около 4 млн т ΣTR_2O_3 , что соответствует 14% текущих запасов. В 2021 г. вследствие снятия с учета прогнозных ресурсов в пределах участка недр федерального значения Карасугское месторождение (Республика Тыва) прогнозные ресурсы РЗМ страны существенно сократились: категории P₁ на 0,1 млн т ΣTR_2O_3 , категории P₂ — на 3,7 млн т. Причиной этого стало несоответствие использованных ранее подсчетных параметров современным требованиям промышленности.

Рис. 15 Распределение прогнозных ресурсов РЗМ категорий P_1 и P_2 между субъектами Российской Федерации, млн т ΣTR_2O_3



Источник: Сборник «Прогнозные ресурсы твердых и твердых горючих полезных ископаемых РФ»

Основные перспективы расширения сырьевой базы РЗМ связаны с Чуктуконским рудным полем (Красноярский край, кора выветривания карбонатитов), в пределах которого локализовано 83% прогнозных ресурсов категории P_1 страны (рис. 15).

Работы по наращиванию ресурсного потенциала РЗМ за счет средств федерального бюджета не ведутся с 2018 г. и в 2023 г. не планируются.

В ограниченном объеме ГРР ранних стадий ведут недропользователи. ООО «Ловозерский ГОК» с 2018 г. проводит поисковые и оценочные работы на юго-западном фланге участка Кедыквырпахк Ловозерского редкометалльного месторождения. Завершение работ планируется в 2023 г., по их результатам ожидается прирост запасов категорий C_1 и C_2 и прогнозных ресурсов категории P_2 . В 2020 г. АО «Аркминерал-Ресурс»

(дочерняя компания ООО «Сервисная горная компания «Аркминерал») получило лицензию на геологическое изучение, разведку и добычу перовскит-титаномагнетитовых руд на Центральном участке Африкандовского месторождения в Мурманской области (не учитывается Государственным балансом запасов полезных ископаемых), где локализованы прогнозных ресурсов РЗМ категории P_2 в количестве 0,35 млн т ΣTR_2O_3 . Компания ведет оценку его запасов, в дальнейших планах — организация открытой добычи руды и создание интегрированного химико-металлургического комплекса по производству пигментного диоксида титана, соединений ниобия и тантала и оксидов редкоземельных элементов. Проект имеет статус инвестиционного проекта Мурманской области.

Российская сырьевая база РЗМ способна обеспечить любой уровень их товарной добычи, но практически не используется. В первую очередь это обусловлено низким внутренним

спросом на РЗМ в силу неразвитости собственного производства конечной высокотехнологичной продукции (электроники, оптики, специальной керамики и сплавов, постоянных

магнитов, электромобилей, ветрогенераторов и др.).

Перспективы развития российской редкоземельной промышленности, включающие повышение эффективности использования отечественной сырьевой базы, связаны с реализацией мероприятий по направлению «Редкие и редкоземельные металлы» дорожной карты Госкорпорации «Росатом» «Технологии новых материалов и веществ» на период до 2030 г., утвержденной Правительством Российской Федерации в 2020 г. Основным источником финансирования работ будут средства инвесторов, основной вклад обеспечит Госкорпорация «Росатом».

В первую очередь будут проведены работы по развитию производственного комплекса, объединяющего Ловозерский ГОК и Соликамский магниевый завод, контроль над которыми в первые месяцы 2023 г. получила Госкорпорация «Росатом» (в январе в качестве имущественного взноса Российской Федерации ей были переданы акции ОАО «Соликамский магниевый завод» (ОАО «СМЗ»), в апреле — контролирующая доля в уставном капитале ООО «Ловозерский ГОК» (ООО «ЛГОК»). ООО «ЛГОК» уже летом 2023 г. начало работы, нацеленные на повышение произ-

водительности по выпуску лопаритового концентрата (по заявлениям компании — до 8 тыс. т/год к концу 2023 г.), а разрабатываемая ОАО «СМЗ» долгосрочная программа развития предусматривает создание комплекса по разделению коллективного концентрата РЗМ на соединения индивидуальных металлов.

Обеспечению внутреннего спроса на РЗМ-продукцию будет в значительной мере способствовать организация ГК «Скайград» производства по переработке фосфогипса с получением редкоземельного концентрата и последующим его разделением на индивидуальные соединения РЗМ и внедрение новых технологий переработки лопаритового и эвдиалитового концентратов на АО «ЧМЗ».

Кроме того, перспективы наращивания добычи РЗМ и получения РЗМ-продукции с высокой добавленной стоимостью связаны с вводом в эксплуатацию участка Буранный Томторского месторождения в Республике Саха (Якутия). Однако этот проект требует весьма крупных капиталовложений, а сложные логистические решения, обусловленные расположением объекта в труднодоступном районе Республики, и сложная технология переработки его руды значительно повышают себестоимость конечной продукции.