

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ОТРАСЛИ В РОССИИ И МИРЕ

В настоящее время Россия располагает крупной сырьевой базой (табл. 3, 4) редкоземельных элементов (металлов), которые входят в перечень основных видов стратегического минерального сырья, утвержденный Распоряжением Правительства РФ от 30.08.2022 № 2473-р. При этом товарная добыча РЗЭ в стране ведется в ограниченном количестве. Единственное разрабатываемое месторождение, из руд которого получают редкоземельную продукцию (Ловозерское в Мурманской области), содержит преимущественно элементы цериевой группы. Освоение остальных известных объектов сдерживается отсутствием эффективных производств по получению индивидуальных оксидов РЗЭ из коллективных концентратов, низким внутренним спросом и высокой конкуренцией со стороны доминирующего на мировом рынке РЗЭ Китая. В результате внутреннее потребление редкоземельной продукции полностью обеспечивается вынужденным импортом.

Несмотря на то что Россия располагает одной из крупнейших сырьевых баз РЗЭ, 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 открытым данным, мировые запасы РЗЭ составляют порядка 112 млн т в пересчете на сумму триоксидов РЗЭ ($\Sigma \text{TR}_2\text{O}_3$). Товарная добыча в 2021 г. превысила показатель 2020 г. на 16,5 %, что в основном было обеспечено ее расширением в Китае и США (табл. 5). Основными минералами, из которых извлекаются РЗЭ, являются бастнезит, монацит, ксенотим, лопарит (последний только в России). Главным источником РЗЭ тяжелой группы являются глины с ионосорбированными РЗЭ, добываемые в Китае и Мьянме.

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

Таблица 3. Состояние минерально-сырьевой базы редкоземельных элементов Российской Федерации¹

Параметр	На 01.01.2020 г.		На 01.01.2021 г.		На 01.01.2022 г.	
	A+B+C ₁	C ₂	A+B+C ₁	C ₂	A+B+C ₁	C ₂
Запасы*						
Количество, тыс. т ΣTR ₂ O ₃ ** (изменение к предыдущему году, %)	20 602 (-0,4)	12 404,7 (-0,02)	19 379,7 (-5,9)	12 397,6 (-0,06)	16 887,1 (-12,9)	11 893,5 (-4,1)
Доля распределенного фонда, %	57,9	18,5	55,2	18,4	48,6	15
На 01.01.2022 г.						
Прогнозные ресурсы***	P1		P2		P3	
Количество, тыс. т ΣTR ₂ O ₃	7865,1		4135		384,7	

* Запасы разрабатываемых месторождений подразделяются на три категории: А (разбуренные эксплуатационной сеткой скважин), В1 (подготовленные) и В2 (оцененные). Запасы разведываемых месторождений подразделяются на две категории: С1 (разведанные) и С2 (оцененные).

** TR от *lat. terrae rarae* – редкие земли.

*** Прогнозируемые (прогнозные) ресурсы оцениваются по степени геологической изученности: P1 – предполагаемые, P2 – перспективные, P3 – возможные.

Таблица 4. Воспроизводство и использование сырьевой базы редкоземельных элементов Российской Федерации²

Параметр	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Прирост запасов кат. A+B+C ₁ за счет разведки, тыс. т ΣTR ₂ O ₃	1,8	1,2	2,4
Прирост/убыль запасов кат. A+B+C ₁ за счет переоценки, тыс. т ΣTR ₂ O ₃	0	-1089,4	-2358,7
Добыча из недр, тыс. т ΣTR ₂ O ₃ :	111,6	114,8	117,7
– в том числе из лопаритовых руд	2,7	2,6	2,5
Производство лопаритового концентрата, тыс. т	9,5	8,8	7,7
Производство продуктов P3Э на ОАО «СМЗ», тыс. т ΣTR ₂ O ₃	2,6	2,6	2,3
Экспорт продуктов P3Э (соединения, смеси и сплавы), т:	6216	6531	5631
– в том числе продуктов P3Э производства ОАО «СМЗ», т	6178	6454	5397
Импорт продуктов P3Э (соединения, смеси и сплавы), т	1326	1102	1218

¹ Государственный доклад о состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2021 году. М., 2022.

² Там же.

В конце 2021 г. Китай объявил о создании нового государственного предприятия China Rare Earth Group, образованного в результате слияния трех горнодобывающих конгломератов (Aluminium Corp. of China, China Minmetals Corp. и Ganzhou Rare Earth Group Co.) и двух научно-исследовательских центров (China Iron & Steel Research Institute Group и Grimm Group Corp.). Оно будет контролировать 60–70% китайского производства РЗЭ, что соответствует 30–40% мировых поставок.

Таблица 5. Запасы РЗЭ и объемы их товарной добычи в мире³

Страна	Запасы, категория	Запасы, млн т ΣTR_2O_3	Доля в мировых запасах, % (место в мире)	Товарная добыча в 2021 г., тыс. т ΣTR_2O_3	Доля в мировой добыче, % (место в мире)
Китай	Reserves	44 ^[1]	39,4 (1)	168 ^{[1]*}	60,1 (1)
США	Reserves	1,8 ^[1]	1,6 (6)	43 ^[1]	15,4 (2)
Мьянма	–	н/д	н/д	26 ^[1]	9,3 (3)
Австралия	Proved + Probable Reserves	1,6 ^[2]	1,4 (7)	22	7,9 (4)
Таиланд	Reserves	н/д	н/д	8 ^[1]	2,9 (5)
Мадагаскар	Reserves	н/д	н/д	3,2 ^[1]	1,1 (6)
Индия	Reserves	6,9 ^[1]	6,2 (5)	2,9 ^[1]	1 (7)
Россия	Запасы категорий А+В+С1+С2**	10 ^[3]	9 (4)	2,5 ^[3]	0,9 (8)
Прочие		47,3 ^{[1]***}	42,4	4,2 ^[1]	4,4
Мир	Запасы	111,6	100	279,6	100

н/д – данные недоступны.

* Производственная квота.

** Разрабатываемые и подготавливаемые к освоению месторождений (включая разрабатываемые на другие компоненты).

*** В том числе 22 млн т во Вьетнаме, 21 млн т в Бразилии.

^[1] Геологическая служба США (United States Geological Survey), <https://www.usgs.gov>

^[2] Official Australian Government information, <https://australia.gov.au>

^[3] Государственный баланс запасов (Росгеолфонд), <https://www.rfgf.ru>

³ Государственный доклад о состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2021 году.

Сырьевая база Китая является крупнейшей в мире, ее основу составляют месторождения бастнезитовых карбонатитов. На территории КНР расположено уникальное (содержит 70 % запасов РЗЭ Китая) полигенное месторождение бастнезит-эгириновых карбонатитов Баян-Обо с рудами, характеризующимися высокими (5,7–6,7 %) содержаниями РЗЭ цериевой группы. В стране также разрабатываются месторождения в ионоадсорбционных глинах, где заключено 80 % (1,5 млн т) мировых запасов среднетяжелых лантаноидов и иттрия; содержание оксидов РЗЭ в них составляет 0,03–0,20 %.

В Китае добыча РЗЭ регулируется квотами, которые в 2021 г. увеличились на 20 % и составили (в пересчете на $\Sigma \text{TR}_2\text{O}_3$) 168 тыс. т на добычу (из них квота для тяжелых РЗЭ составляет 19,5 тыс. т, не увеличиваясь третий год подряд) и 162 тыс. т на обогащение и плавку. При этом фактическая добыча стабильно превышает уровень квот, что обусловлено сохранением нелегального производства (так, по оценкам British Geological Survey, в 2020 г. при квотах в 140 тыс. т добыча РЗЭ составила 180 тыс. т). Для первого полугодия 2022 г. квота на добычу РЗЭ установлена в размере 100,8 тыс. т (плюс 20 % относительно уровня 2021 г.), на переработку — 97,2 тыс. т (плюс 20 %). Компания China Rare Earth Group Co. выиграла квоту на добычу в размере 29 100 т для легких РЗЭ и 7806 т — для тяжелых (или 40 % квот, выданных всем производителям тяжелых РЗЭ). По прогнозам добыча РЗЭ в Китае в 2022 г. может сократиться до 100 тыс. т.

Кроме того, Китай является крупнейшим импортером соединений редких земель, внешние закупки которых устойчиво растут; за 2017–2020 гг. они увеличились в 3,3 раза и достигли 42,3 тыс. т, однако в 2021 г. объем импорта сократился до 34,2 тыс. т (минус 19,2 %) из-за перебоев поставок из Мьянмы. Есть предположения, что к 2030 г. импорт концентратов редкоземельных металлов в Китай может достичь 80 тыс. т.

В США источником РЗЭ, как уже упоминалось, является бастнезитовое месторождение Маунтин-Пасс (Mountain Pass) — второе (после Баян-Обо, Китай) по значимости среди разрабатываемых месторождений мира. В 2021 г. производство на нем выросло с 38 до 43 тыс. т $\Sigma \text{TR}_2\text{O}_3$. Получаемые концентраты перерабатываются в Китае.

В условиях ухудшения отношений с Китаем США намерены развивать добычу и переработку РЗЭ внутри страны; на поддержку отрасли выделено 209 млн дол. В апреле 2020 г. австралийская компания Lynas Rare Earth Ltd. получила от Министерства обороны США 30,4 млн дол. на строительство первой очереди завода по сепарации редкоземельных металлов в штате Техас. Первоначально производство будет сосредоточено на разделении тяжелых РЗЭ (включая диспрозий и тербий). В апреле 2021 г. подписано соглашение о строительстве установки по производству легких РЗЭ.

Министерство энергетики США совместно с корпорацией General Atomics, ее европейским филиалом Umwelt-und-Ingenieurtechnik GmbH (UIT), компаниями Rare Element Resources, LNV и Ardurra Group начало строительство перерабатывающего завода в штате Вайоминг. В декабре 2021 г. Геологическая служба США

объявила о создании компании USA Rare Earth, в задачи которой входит обеспечение как минимум половины потребностей страны в редких и редкоземельных металлах. Фактически речь идет о плановом создании монополиста; в ведение компании отдано месторождение Раунд-Топ (Round Top) в штате Техас.

Новым игроком на рынке РЗЭ является Мьянма. Выйдя на рынок редкоземельного сырья в 2018 г., она сразу вошла в число крупных поставщиков. В 2021 г. в стране было добыто 26 тыс. т РЗЭ (в пересчете на $\Sigma \text{TR}_2\text{O}_3$), в 2020 г. – 31 тыс. т. Важной особенностью добываемого сырья является высокое содержание диспрозия. Кроме того, из-за дешевой рабочей силы и низких требований к экологическим нормам оно отличается низкой ценой. Главным потребителем сырья из Мьянмы выступает Китай, закупаящий дефицитное для него сырье средних и тяжелых РЗЭ. В 2021 г. им было импортировано 25,1 тыс. т РЗЭ (в пересчете на $\Sigma \text{TR}_2\text{O}_3$), в основном среднетяжелых лантаноидов (в 2020 г. импорт в Китай составил 35,5 тыс. т). Военный переворот, произошедший в Мьянме в 2021 г., привел к нарушению логистических схем, что препятствовало экспорту.

Производство редкоземельных элементов в Австралии неуклонно растет. В 2021 г. оно расширилось еще примерно на 5% — до 22 тыс. т $\Sigma \text{TR}_2\text{O}_3$. Почти полностью оно сосредоточено на месторождении Маунт-Уэлд (Mount Weld) компании Lynas Rare Earths Ltd. Получаемые концентраты перерабатываются на расположенном в Малайзии заводе, также принадлежащем Lynas. В 2021 г. выпуск неодим-празеодимовой продукции составил 5,5 тыс. т (плюс 19,6%). К 2025 г. ее производство планируется нарастить до 10,5 тыс. т. В 2021 г. компания Northern Minerals Ltd. завершила технико-экономическое обоснование (ТЭО) строительства обогатительной фабрики (ОФ) на месторождении Браунс-Рейндж (Browns Range), руды которого сложены ксенотимом с высоким содержанием диспрозия и тербия. Выход ОФ на проектную мощность планируется в 2023 г., предприятие будет производить 16,7 тыс. т концентрата с содержанием $\Sigma \text{TR}_2\text{O}_3$ 20%, что обеспечит получение 3,4 тыс. т оксидов РЗЭ, в основном иттриевой группы (в том числе 279 т оксида диспрозия). В 2021 г. на опытно-промышленной установке произведено 211,1 т карбонатов РЗЭ (103,7 т в пересчете на оксиды), в том числе 9,8 т оксида диспрозия и 1,24 т оксида тербия.

В Таиланде за 2021 г. производство РЗЭ увеличилось скачкообразно — с 3,6 до 8 тыс. т. Хотя страна устойчиво входит в число крупных продуцентов редких земель, информация о ее запасах отсутствует.

На Мадагаскаре добыча РЗЭ увеличилась на 14% — до 3,2 тыс. т. Проект Tantalus («Танталус») на северо-западе страны представлен латеритными глинами со средним содержанием $\Sigma \text{TR}_2\text{O}_3$ 0,08%, его ресурсы глини категории inferred (к этой категории относятся ресурсы, попадающие в пределы двух зон влияния) оцениваются в 130 млн т.

Индия, сырьевую базу которой составляют прибрежно-морские монацитовые россыпи, также наращивает добычу: за период с 2017 г. она выросла с 1,7 до 2,9 тыс. т в пересчете на $\Sigma \text{TR}_2\text{O}_3$.

Каждая из групп РЗЭ имеет свои сферы применения, что определяет различия в их востребованности. Наиболее широко используются легкие РЗЭ (церий, лантан, неодим, празеодим), остальные характеризуются узкой специализацией.

Основными сферами потребления РЗЭ в мире является 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); РЗЭ 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.

Влияние энергоперехода на потребление конкретных редкоземельных металлов будет как положительным, так и отрицательным. Тем не менее, по ожиданиям International Renewable Energy Agency (IRENA), совокупный спрос на РЗЭ к 2030 г. может увеличиться на 41%.

По оценкам агентства Roskill⁴, в 2021 г. использование оксидов РЗЭ в производстве NdFeB магнитов только для нужд автомобилестроения, включая трансмиссии для электромобилей и гибридных автомобилей, увеличилось на 26,5% относительно 2020 г. — до 12,8 тыс. т. По прогнозу агентства, к 2030 г. производители постоянных магнитов будут обеспечивать до 40% спроса на РЗЭ, что обусловлено их востребованностью для нужд автомобилестроения и возобновляемой энергетики. По некоторым оценкам, при реализации этого прогноза спрос на ключевые магнитные РЗЭ к концу текущего десятилетия может значительно превысить предложение.

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

⁴ Консалтинговое агентство Roskill осуществляет деятельность с 1930 г. (штаб-квартира расположена в Лондоне, Великобритания; www.roskill.com).

Доминирование Китая на рынке редких земель — результат его экспортной политики. Низкая себестоимость продукции позволила китайским производителям в 1990-е — начале 2000-х гг. поставлять редкоземельные металлы на мировой рынок по демпинговым ценам. В результате производства РЗЭ вне Китая закрылись, не выдержав конкуренции, а сам Китай создал полную технологическую цепочку РЗЭ-производства и вышел на рынок продукции с высокой добавленной стоимостью. Для США, Европы и Японии доминирование Китая на рынке РЗЭ становится все 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 будет принципиально меняться, и выпуск рафинированных РЗЭ вне Китая может быть увеличен до 70 тыс. т против текущих 20 тыс. т.

До середины 2011 г. ситуация на рынке РЗЭ определялась экспортными квотами Китая, который в 2010 г. заявил о возможном прекращении поставок РЗЭ среднетяжелой группы к 2015–2016 гг. Это вызвало скачок цен на РЗЭ за пределами страны: за 2010 г. и первое полугодие 2011 г. они выросли в 5–10 раз (в зависимости от востребованности конкретного металла). Принятые странами-потребителями экстренные меры по диверсификации поставок обеспечили снижение цен, которые для некоторых металлов вернулись к уровню 2009–2010 гг. (рис. 23, 24).

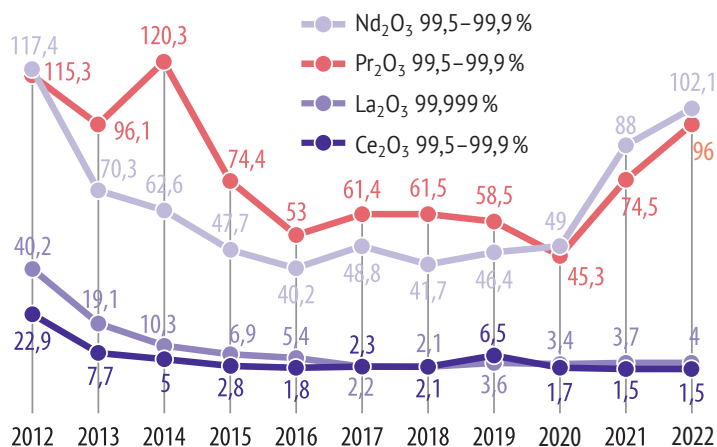


Рис. 23. Динамика цен на РЗЭ легкой группы (FOB⁵ Китай) в 2012–2022 гг. (для 2011–2021 гг. — средние за год, для 2022 г. — средняя за первое полугодие), дол./кг (по данным Asian Metal Inc., BAIIINFO.COM Inc., MetalTorg.ru)

⁵ Free on Board (FOB) — «свободно на борту», логистический термин; применяется лишь при морской доставке из Шанхая и других портов; условия поставки FOB означают, что обязанность экспортера — доставить продукцию на борт корабля.

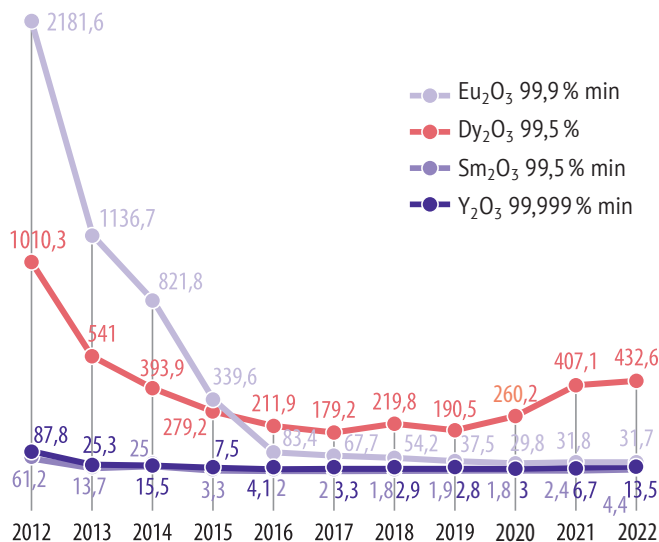


Рис. 24. Динамика цен на РЗЭ тяжелой группы (FOB Китай) в 2012–2022 гг. (для 2011–2021 гг. — средние за год, для 2022 г. — средняя за первое полугодие), дол./кг (по данным Asian Metal Inc., BAINFO.COM Inc., MetalTorg.ru)

В 2019 г. Китай в условиях торговой войны с США рассматривал возможность перекрытия поставок РЗЭ-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 2019 г.

Однако вероятность введения Китаем ограничений на экспорт в США сохраняется — в начале 2021 г. в Министерстве промышленности и информационных технологий КНР обсуждался законопроект, касающийся контроля над производством и экспортом редкоземельных металлов. В случае принятия он позволит ограничивать доступ отдельным зарубежным компаниям к компонентам и материалам китайского происхождения, если поставки будут представлять угрозу безопасности страны. Под его действие могут попасть контракты китайских поставщиков с компаниями, работающими в третьих странах. Пока Китай не собирается запрещать поставки РЗЭ в США, но намерен прибегнуть к этой мере, если взаимоотношения стран обострятся.

В начале 2020 г. в связи с ограничениями, направленными на борьбу с пандемией COVID-19, 70–80% мощностей по переработке РЗЭ (80–100 тыс. т $\Sigma \text{TR}_2\text{O}_3$) были приостановлены. По итогам года китайский экспорт сократился на 23% — до 35,4 тыс. т. В 2021 г. экспорт РЗЭ из КНР увеличился до 48,9 тыс. т (плюс 38%). При этом китайский экспорт по-прежнему остается ниже рекордного объема в 53 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. Во-вторых, падение экспорта является

следствием ужесточения мер по защите окружающей среды и природных ресурсов. В-третьих, это сокращение — реакция Китая на снижение потребностей в РЗЭ за его пределами из-за экономического спада и пандемии.

Вызванное снижением китайского экспорта ограничение предложения РЗЭ привело к росту цен на них. В январе 2021 г. китайские власти заявили о готовности к более жесткому контролю над экспортом редких земель, что привело к повышению их стоимости. В начале 2021 г. резко выросли цены на магнитные металлы (неодим, празеодим, диспрозий, иттрий), что было объяснено 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, связанные с государственным переворотом, могут остановить поставки руды и концентратов. За год оксиды неодима, празеодима, диспрозия и тербия подорожали более чем на 250–300% (рис. 25–27).

В первой половине 2022 г. высокие темпы роста цен на РЗЭ сохранялись. На рынке редкоземельных металлов сформировался структурный дефицит из-за огромной доли Китая в общем выпуске РЗЭ (80–95% в зависимости от металла) при одновременном сокращении их экспорта.

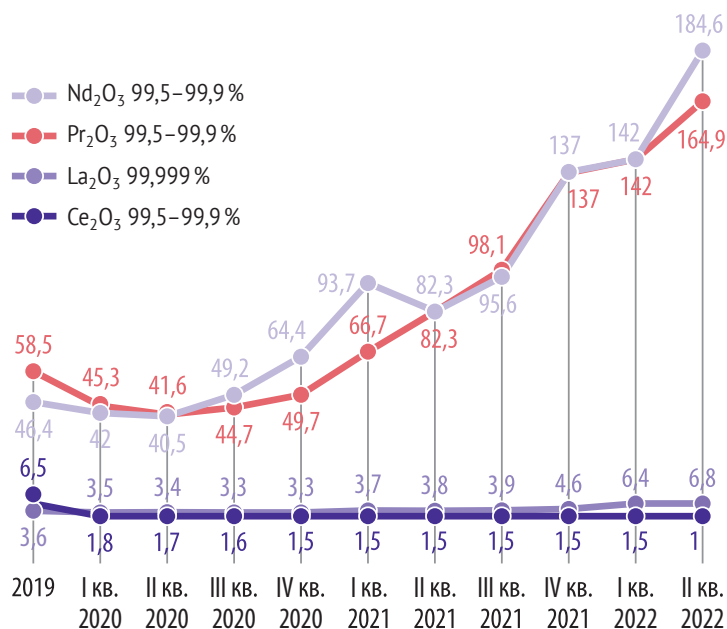


Рис. 25. Динамика среднеквартальных цен на РЗЭ легкой группы (FOB Китай) в 2019–2022 гг. (для 2019 г. — средняя за год), дол./кг (по данным Asian Metal Inc., BAINFO.COM Inc., MetalTorg.ru)

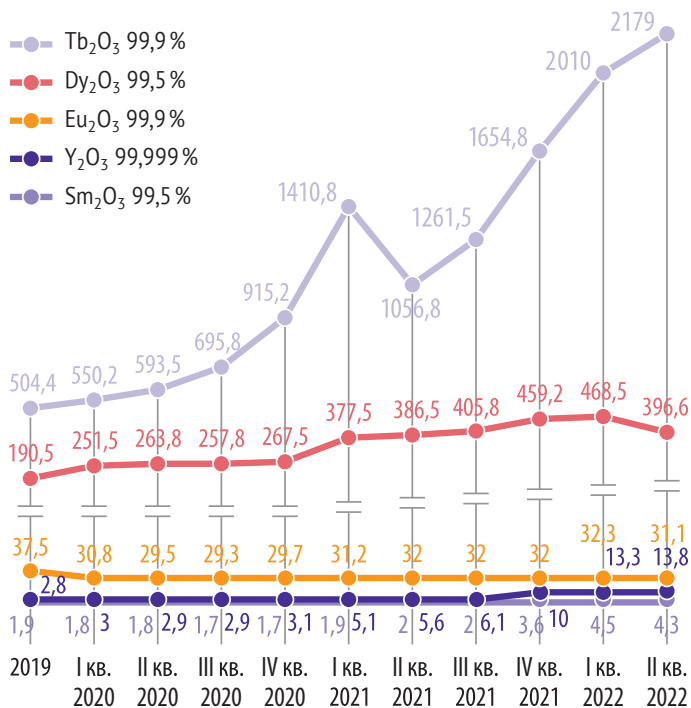


Рис. 26. Динамика среднеквартальных цен на РЗЭ тяжелой группы (FOB Китай) в 2019–2022 гг. (для 2019 г. — средняя за год), дол./кг (по данным Asian Metal Inc., BAIIINFO.COM Inc., MetalTorg.ru)

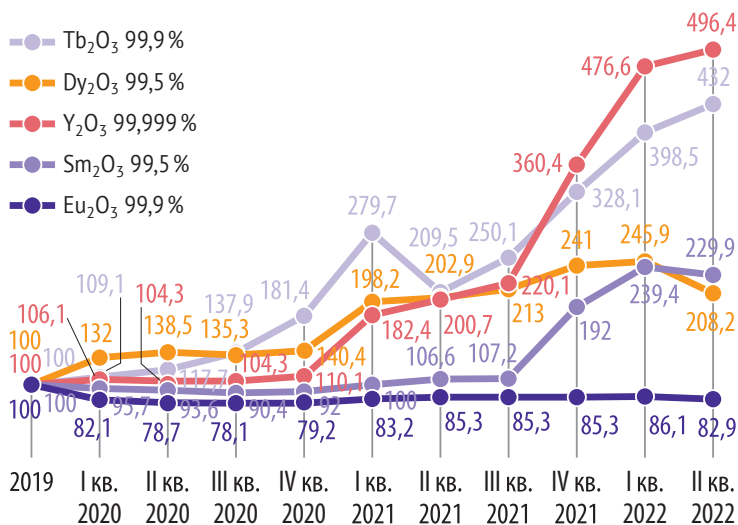


Рис. 27. Динамика среднеквартальных цен на РЗЭ тяжелой группы (FOB Китай) в 2019–2022 гг. (для 2019 г. — средняя за год), дол./кг (по данным Asian Metal Inc., BAIIINFO.COM Inc., MetalTorg.ru)

Китай доминирует в производстве и переработке ключевых редкоземельных металлов в мире, а также контролирует некоторые другие ключевые металлы, необходимые для создания не только гражданских и промышленных устройств, но и военного и аэрокосмического оборудования. При этом Китай наращивает импорт соединений РЗЭ, тем самым ограничивая возможности потребителей найти альтернативных поставщиков. Сложившаяся на рынке напряженность усугубляется ростом выпуска электромобилей, развитием «зеленой» энергетики и ростом потребления РЗЭ в других сферах мировой промышленности, а также торговым противостоянием США и Китая, обострение которого может еще больше осложнить ситуацию на рынке.

По состоянию на 01.01.2022 г. в России балансовые запасы РЗЭ, заключенные в 17 коренных месторождениях, составили 28,8 млн т ΣTR_2O_3 , еще одно месторождение содержит только забалансовые запасы. Забалансовые запасы в целом по стране составляют 11,6 млн т ΣTR_2O_3 . Кроме того, учитываются два техногенных месторождения с суммарными запасами 12,9 тыс. т ΣTR_2O_3 .

Все учитываемые месторождения редкоземельных металлов комплексные, в которых РЗЭ преимущественно являются попутными компонентами. Только на Ловозерском и Катугинском месторождениях они входят в число главных компонентов.

Сырьевая база РЗЭ России характеризуется высокой концентрацией: 46,3% сосредоточено в девяти объектах Мурманской области (рис. 28, табл. 6).



Рис. 28. Распределение запасов РЗЭ между субъектами Российской Федерации, млн т ΣTR_2O_3 , и их основные месторождения.

Источник: Государственный баланс запасов (Росгеолфонд), <https://www.rfgf.ru>

Таблица 6. Основные месторождения РЗЭ⁶

Месторождение (субъект РФ)	Геолого- промышленный тип	Запасы на 01.01.2022 г. категорий, тыс. т ΣTR_2O_3		Доля в запасах РФ, %	Содержание РЗЭ в рудах, % ΣTR_2O_3	Добыча в 2021 г., тыс. т ΣTR_2O_3
		A+B+C1	C2			
<i>Разрабатываемые</i>						
ООО «Ловозерский ГОК»						
Ловозерское* (Мурманская обл.)	Лопаритовый	2646,3	4524	24,9	1,12	2,5
<i>Разрабатываемые на другие компоненты</i>						
АО «Апатит» (ПАО «ФосАгро»)						
Кукисвумчоррское (Мурманская обл.)	Апатит-нефелиновый	861,8	3,2	3,0	0,24	19,8
Юкспорское (Мурманская обл.)	Апатит-нефелиновый	1600,7	0	5,6	0,35	36,1
Апатитовый Цирк (Мурманская обл.)	Апатит-нефелиновый	313,3	24,8	1,2	0,37	18,6
Коашвинское (Мурманская обл.)	Апатит-нефелиновый	2448,5	507,4	10,3	0,42	10,4
Ньорпахкское (Мурманская обл.)	Апатит-нефелиновый	213,7	21,7	0,8	0,37	8,9
АО «Северо-Западная Фосфорная Компания» (ПАО «Акрон»)						
Олений Ручей (Мурманская обл.)	Апатит-нефелиновый	891,7	469,6	4,7	0,38	17,0
<i>Подготавливаемые к освоению</i>						
ЗАО «ГК «Партомчорр» (ПАО «ФосАгро»)						
Партомчоррское (Мурманская обл.)	Апатит-нефелиновый	1505,2	257,7	6,1	0,2	–
ООО «Восток Инжиниринг» (ООО «ТриАрк Майнинг»)						
Томторское, уч. Буранный (Республика Саха (Якутия))	Коры выветривания карбонатитов	2640,4	592,5	11,2	11,99**	–

⁶ Государственный доклад о состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2021 году.

Таблица 6 (окончание)

Месторождение (субъект РФ)	Геолого- промышленный тип	Запасы на 01.01.2022 г. категорий, тыс. т ΣTR_2O_3		Доля в запасах РФ, %	Содержание РЗЭ в рудах, % ΣTR_2O_3	Добыча в 2021 г., тыс. т ΣTR_2O_3
		A+B+C1	C2			
ООО «ЯрегаРуда», ООО «ЛУКОЙЛ-Коми» (ПАО «ЛУКОЙЛ»)						
Ярегское* (Республика Коми)	Нефтеносные лейко- ксеновые песчаники	219,4	811,7	0,1	0,04	–
ЗАО «Техноинвест Альянс»						
Зашихинское* (Иркутская обл.)	Щелочные граниты	–	44,4	0,2	0,9	–
<i>Нераспределенный фонд недр</i>						
Чуктуконское (Красноярский край)	Коры вы- ветривания карбонатитов	952,9	1909,4	9,9	5,38	–
Селигдарское (Республика Саха (Якутия))	Апатит- карбонатный	4410,4	–	15,3	0,35	–
Белозиминское (Иркутская обл.)	Коры вы- ветривания карбонатитов	–	1645,9	5,7	0,9	–

* Часть запасов месторождения учитывается в нераспределенном фонде недр.

** Расчет содержания ΣTR_2O_3 выполнен на влажную руду.

Источник: Государственный баланс запасов (Росгеолфонд), <https://www.rfgf.ru>

Из них около 24,9% — на Ловозерском месторождении комплексных лопаритовых руд — единственном в России объекте, разрабатываемом на РЗЭ. Остальные запасы региона заключены в апатит-нефелиновых рудах восьми месторождений Хибинской группы, основным компонентом которых является фосфор (РЗЭ являются попутными и характеризуются низким содержанием — в среднем 0,34% ΣTR_2O_3).

В объектах Сибири и Дальнего Востока содержится 44,2% запасов РЗЭ страны. Их основная часть (63,7%) заключена в крупных месторождениях комплексных руд, связанных с карбонатитами и корами выветривания по ним (Томторском в Республике Саха (Якутия), Чуктуконском в Красноярском крае и Белозиминском в Иркутской области). Значительные запасы (32,5%) заключены в Селигдарском месторождении апатит-карбонатных метасоматитов, основным компонентом которых является фосфор; содержание РЗЭ в них низкое. Остальные запасы региона заключены в комплексных редкометалльных метасоматических месторождениях по щелочным гранитам (Улуг-Танзекском

в Республике Тыва и Зашихинском в Иркутской области; 3,9%) и метаморфогенным породам зон тектонических нарушений (Катугинском в Забайкальском крае; 5,8%), в рудах которых отмечаются высокие содержания иттрия и лантаноидов иттриевой группы. На Катугинском месторождении среднее содержание ΣTR_2O_3 — около 0,25%, при этом доля тяжелых РЗЭ составляет 30–40%.

Еще 3,6% запасов России связаны с нефтеносными лейкоксеновыми песчаниками Ярегского месторождения в Республике Коми. Среднее содержание РЗЭ 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 редкоземельных элементов, как и урана, связаны с фоссилизованным костным детритом.

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 РЗЭ и переменным гранулярным составом минералов, тесно ассоциирующих между собой и породообразующими фазами. Для них также характерно совместное присутствие минералов, отличающихся технологическими свойствами. Большинство руд радиоактивные. Для столь сложного по составу сырья требуются нестандартные технологические решения, основанные на комбинировании обогатительных и пирогидрометаллургических технологий. Обогатительные технологии предусматривают применение гравитационной и магнитной сепарации, доводку черновых концентратов методами электрической сепарации, прямой и обратной флотации. Редкометалльные концентраты, содержащие РЗЭ (ортитовый, гагаринитовый, цирконовый, колумбитовый и др.), поступают на пирогидрометаллургический передел спеканием, сульфатизацией, выщелачиванием для перевода РЗЭ в раствор с его последующей переработкой химическим осаждением при производстве карбонатов РЗЭ либо экстракцией и сорбцией при получении индивидуальных оксидов. Реализация таких технологий сопряжена с высокими энергетическими и материальными затратами, а также значительными технологическими рисками.

Извлечение РЗЭ 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 продуктов, из которых возможно выделение РЗЭ: фосфогипса, экстракционной фосфорной кислоты (ЭФК), оборотной фосфорной кислоты и осадка после получения упаренной фосфорной кислоты. Перспективным направлением работ по увеличению производства РЗЭ является их извлечение из фосфогипса и ЭФК.

По состоянию на 01.01.2022 г. освоенность российской сырьевой базы РЗЭ находилась на среднем уровне — в распределенном фонде недр заключено 34,7% запасов. В разработку вовлечено 16,9% запасов, при этом с целью извлечения РЗЭ — всего 1,9% (рис. 29).

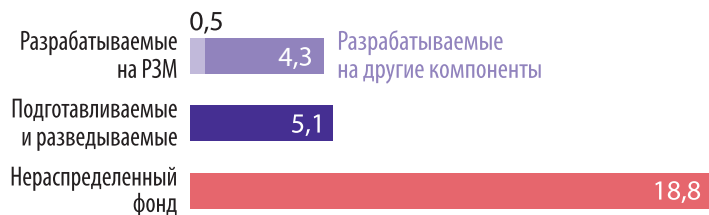


Рис. 29. Структура запасов РЗЭ по степени промышленного освоения, млн т ΣTR_2O_3 .
 Источник: Государственный баланс запасов (Росгеолфонд, <https://www.rfgf.ru>)

Еще 17,8% приходится на долю подготавливаемых к освоению объектов, в том числе апатит-нефелиновых руд (6,1%). В нераспределенном фонде недр находилось 65,3% запасов РЗЭ, которые главным образом заключены в Ловозерском (23%), Селигдарском (15,3%), Чуктуконском (9,9%) и Белозиминском (5,7%) месторождениях. Запасы, не переданные в освоение, неоднородны по качеству: среднее содержание РЗЭ в них варьирует от 0,06 до 10,70% ΣTR_2O_3 . Для вовлечения в освоение наиболее перспективны запасы Ловозерского месторождения, на базе двух участков которого действует Ловозерский ГОК.

Добыча РЗЭ из недр в последние 10 лет варьировала в диапазоне 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). Источником товарной добычи являются лопаритовые руды, тогда как основной объем добычи приходится на апатит-нефелиновые руды, разрабатываемые на фосфор.

В 2021 г. добыча РЗЭ составила 117,7 тыс. т ΣTR_2O_3 (плюс 2,5% относительно 2020 г.), из них 112,2 тыс. т (95,3%) — из апатит-нефелиновых руд. Добыча из лопаритовых руд с последующим извлечением РЗЭ в концентрат составила 2,5 тыс. т ΣTR_2O_3 . Выпуск лопаритового концентрата (производится только в России) сократился на 12,5% — до 7,7 тыс. т (рис. 30).

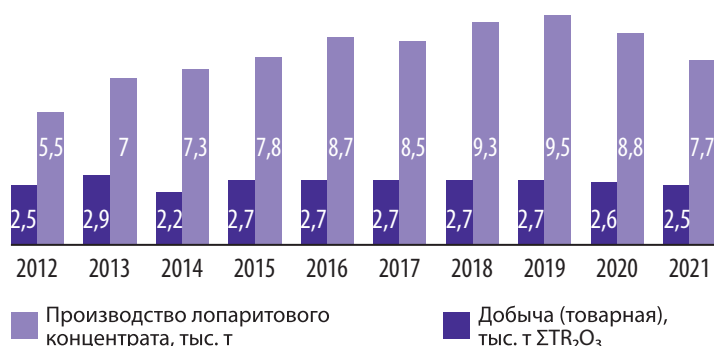
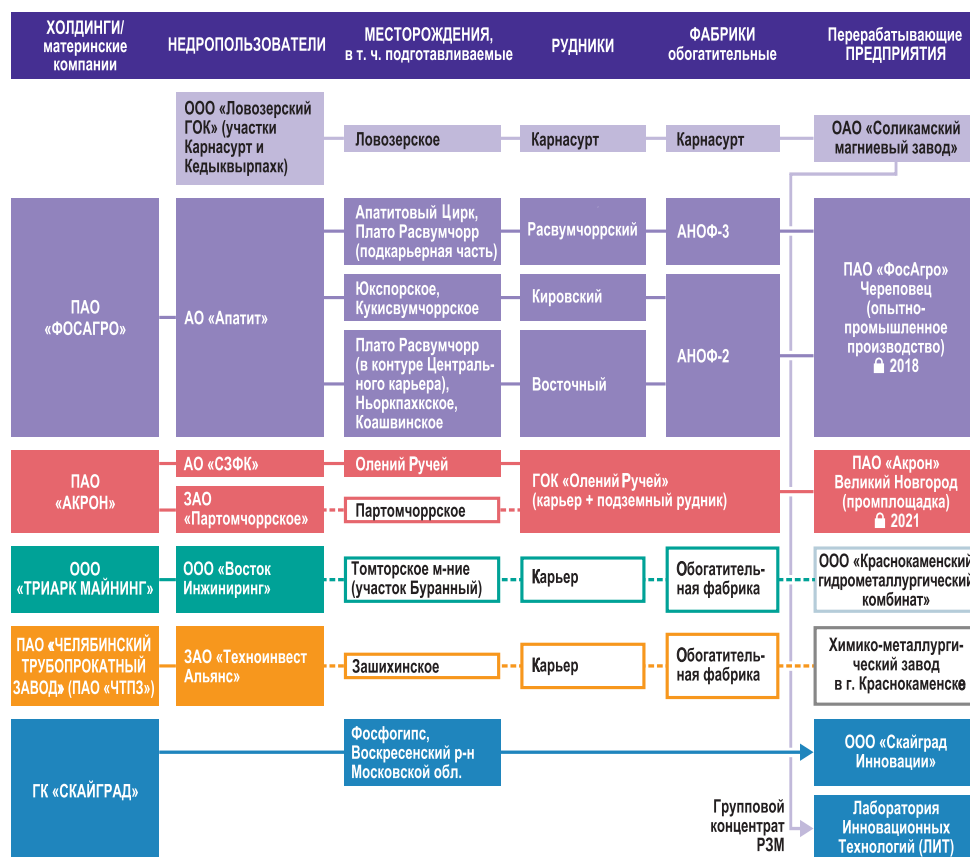


Рис. 30. Динамика товарной добычи РЗЭ и производства лопаритового концентрата в 2012–2021 гг.

Источник: Государственный баланс запасов (Росгеолфонд, <https://www.rfgf.ru>)

РЗЭ добываются только в Мурманской области. Здесь разрабатываются восемь месторождений: Ловозерское лопаритовых руд, где ведется товарная добыча, и семь месторождений апатит-нефелиновых руд Хибинской группы, разрабатываемых на фосфатное сырье (рис. 31).

Добычу руд Ловозерского месторождения и их переработку с получением лопаритового концентрата, содержащего в промышленных количествах РЗЭ, титан, ниобий и тантал, ведет ООО «Ловозерский ГОК» (ООО «ЛГОК»). В его составе действуют подземный рудник Карнасурт, разрабатывающий участки Карнасурт и Кедыквырпахк, и обогатительная фабрика. В 2021 г. предприятие добыло 2,5 тыс. т РЗЭ в пересчете на ΣTR_2O_3 (1 тыс. т на участке Карнасурт и 1,5 тыс. т на участке Кедыквырпахк). Обеспеченность ООО «ЛГОК» высокая: запасы разрабатываемых участков достаточны для поддержания добычи на текущем уровне более 100 лет, при этом на их долю приходится всего около 4% запасов месторождения в целом.



Контуром показаны подготавливаемые к эксплуатации месторождения и проектируемые предприятия
символ «замок», год — производство законсервировано, год консервации

Рис. 31. Структура редкоземельной промышленности Российской Федерации

Переработка руды Ловозерского месторождения проводится по гравитационной схеме с доводкой чернового концентрата электрической и магнитной сепарацией. Товарным продуктом является лопаритовый концентрат, отвечающий требованиям ТУ 1763-001-71899056-2005. В 2021 г. фабрикой переработано 405,2 тыс. т руды, содержащей 2,33% лопарита, получено 7747 т лопаритового концентрата чистотой 96,7%; извлечение лопарита в концентрат 80,6%.

Лопаритовый концентрат, произведенный ООО «ЛГОК» и содержащий в среднем 28–30% $\Sigma \text{TR}_2\text{O}_3$, 35–38% TiO_2 , 7,5–8,0% Nb_2O_5 , 0,5–0,8% Ta_2O_5 , для дальнейшей переработки направляется в ОАО «Соликамский магниевый завод» (ОАО «СМЗ», Пермский край). На предприятии организовано хлорное вскрытие лопаритовых руд, обеспечивающее извлечение 95,5–96,0% РЗЭ (в плав хлоридов, из которых далее получают неразделенные карбонаты РЗЭ), 93–94% ниобия и 86–88% тантала (в технические оксиды), 96,5–97,0% титана (в технический тетрагидрид). Его производственные мощности позволяют перерабатывать до 13 тыс. т лопаритового концентрата с получением до 3,6 тыс. т соединений РЗЭ (в пересчете на $\Sigma \text{TR}_2\text{O}_3$), 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). Из-за отсутствия в России мощностей по разделению РЗЭ на индивидуальные оксиды основная часть продукции ОАО «СМЗ» экспортируется.

В 2020 г. ОАО «СМЗ» было переработано 9530 т лопаритового концентрата. Произведено 2663,2 т соединений РЗЭ в пересчете на $\Sigma \text{TR}_2\text{O}_3$, из которых 2649,3 т направлено на экспорт, 13,9 т — на внутренний рынок (рис. 32). Данные о производственных показателях в 2021 г. отсутствуют.

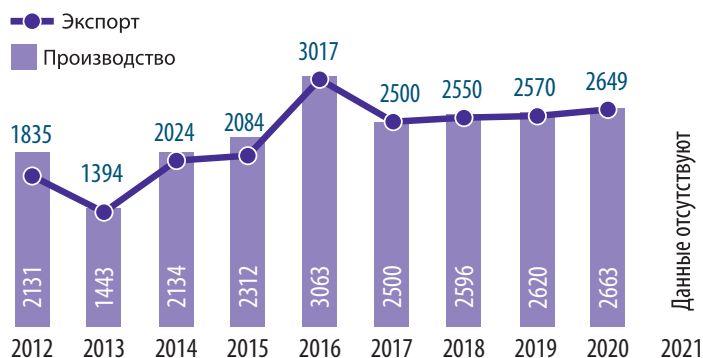


Рис. 32. Динамика производства и экспорта продуктов РЗЭ компанией ОАО «Соликамский магниевый завод» в 2012–2021 гг., т $\Sigma \text{TR}_2\text{O}_3$

Месторождения апатит-нефелиновых руд Хибинской группы разрабатывают АО «Апатит» (ПАО «ФосАгро») и АО «Северо-Западная Фосфорная Компания» (ПАО «Акрон»); их товарной продукцией являются апатитовые концентраты

и фосфорные удобрения. РЗЭ в небольшом количестве извлекаются в апатитовый концентрат и при его переработке частично переходят в удобрения, частично — в фосфогипс. Значительная их часть остается в продуктах отвального комплекса.

Отсутствие в России промышленного производства по разделению РЗЭ вынуждает ОАО «СМЗ» (по состоянию на 2021 г.) экспортировать получаемый коллективный карбонат РЗЭ, главным образом в Эстонию — канадской компании NPM Silme AS. Потребности российской промышленности в редкоземельной продукции вынужденно удовлетворяются за счет импорта.

В 2021 г. импортировано 1217,7 т РЗЭ-продуктов (плюс 10,5% относительно 2020 г.) на сумму 36,8 млн дол. (плюс 66,5%) (рис. 33, 34).

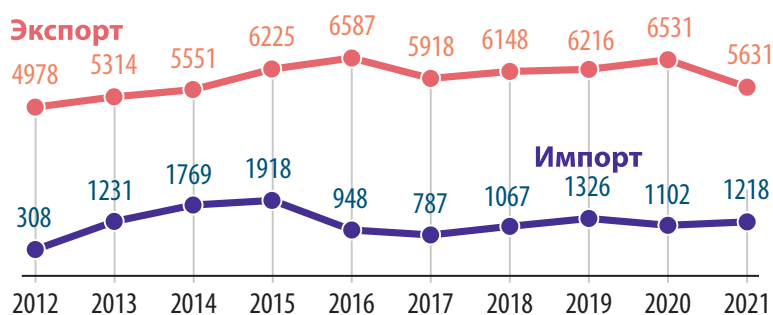


Рис. 33. Динамика экспорта и импорта продуктов РЗЭ в весовом выражении в 2012–2021 гг., т

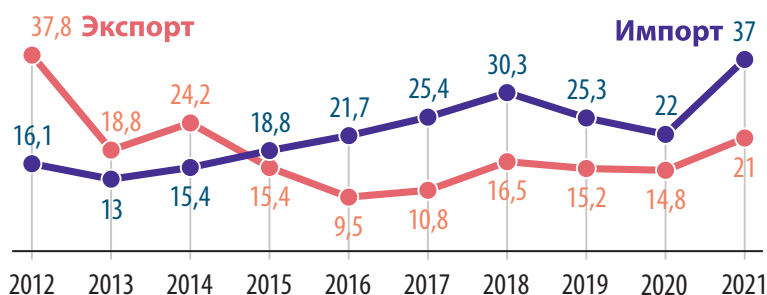


Рис. 34. Динамика экспорта и импорта продуктов РЗЭ в стоимостном выражении в 2012–2021 гг., млн дол.

В структуре импорта преобладают соединения РЗЭ: на их долю пришлось 93% закупок в весовом выражении; оставшиеся 7% составили металлы и лигатуры (рис. 35). Среди импортируемых продуктов преобладают соединения лантана, празеодима, неодима и самария: в 2021 г. — 69% импорта в весовом

выражении, 15,5% в стоимостном. Соединения церия составили 16% в весовом выражении и около 2% в стоимостном. Основная часть расходов (79,1%) пришлось на соединения остальных РЗЭ (европия, гадолиния, тербия, диспрозия, гольмия, эрбия) и смесей металлов, в весовом выражении эти закупки составили 8%.

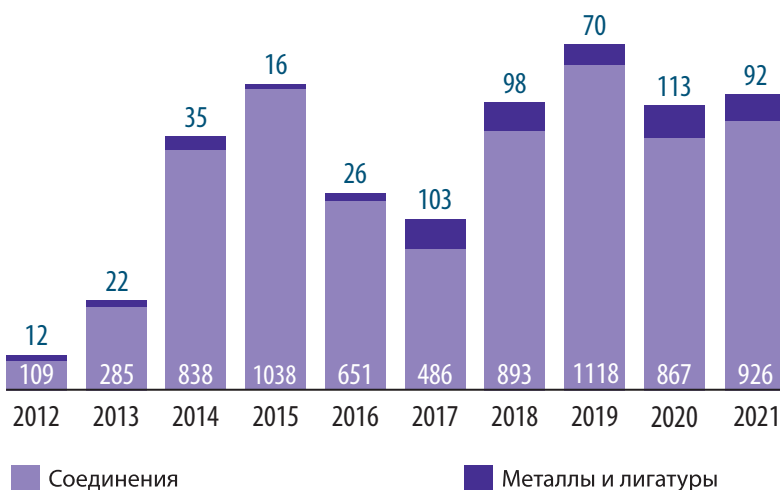


Рис. 35. Товарная структура импорта продуктов РЗЭ в 2012–2021 гг., т

Значительную часть РЗЭ-продуктов закупают торговые фирмы, в дальнейшем реализующие их непосредственным потребителям.

Потребление РЗЭ в России основано на импорте. В 2021 г. оно составило 1,2 тыс. т различных продуктов (соединений, сплавов и лигатур). Основным спросом (93%) пользуются соединения редкоземельных металлов; на долю смесей и сплавов приходится 7%.

Одна из особенностей российского редкоземельного рынка — наличие множества потребителей с небольшим спросом и разнообразными требованиями к качеству товаров. В 2021 г. на рынке присутствовало более 130 потребителей. У большинства из них годовое потребление не превышает нескольких тонн РЗЭ-соединений или металлов, многие используют не более нескольких сотен килограммов продуктов в год.

Основными областями потребления РЗЭ являются оптическое производство и полировальные порошки (Ce, Y, Nd, Eu) — 43,7%; 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, производство искусственных кристаллов, люминофоров, магнитов.

Смеси и сплавы РЗЭ в основном применяются в оптической промышленности для полировки стекла. Наиболее крупным потребителем является ООО «НПФ «Балтийская мануфактура» (Санкт-Петербург). Соединения и смеси РЗЭ импортируются для производства катализаторов для нефтепереработки, химической промышленности и автокатализаторов. Основными потребителями этих соединений являются ООО «Химтех» (Москва) и ООО «НПФ «Балтийская мануфактура» (Санкт-Петербург). Для производства керамики используются металлы и сплавы; их основной потребитель — ОАО «Первоуральский динасовый завод» (Свердловская обл.). В металлургии смеси и сплавы РЗЭ находят применение в основном в виде мишметаллов (50 % Ce, 30 % La, 15 % Nd, 5 % Pr). В число их основных потребителей входят расположенные в г. Челябинске ООО «Новые перспективные продукты Технология», АО «Научно-исследовательский институт металлургии», ООО ТК «РЗЭ-Металлургия». Остальную часть потребления обеспечивают производители искусственных кристаллов, люминофоров и ряд других направлений.

Потребление РЗЭ для производства постоянных магнитов (неодима, празеодима, самария, европия, гадолиния, тербия, иттрия) составляет менее 1 % российского спроса на РЗЭ (в мире — более 29 %). В числе российских производителей магнитов — НПО «Эрга» (г. Калуга), ОАО «Завод Магнетон» (Санкт-Петербург), ООО «Полимагнит» (Москва, г. Троицк) и др. В ноябре 2020 г. сообщалось о начале выпуска магнитов из редкоземельных сплавов для генераторов ветроустановок на предприятии ООО «Элемаш Магнит» (входит в структуру Госкорпорации «Росатом»).

В 2021 г. велись работы по подготовке к эксплуатации четырех месторождений, в рудах которых учитываются РЗЭ: Томторского (участок Буранный), Зашихинского, Партомчоррского и Ярегского (часть запасов Нижней россыпи). Извлечение РЗЭ в товарную продукцию предусмотрено только для Томторского и Зашихинского месторождений (табл. 7, рис. 36).

Таблица 7. Основные проекты освоения месторождений РЗЭ⁷

Месторождение (субъект РФ)	Способ отработки	Проектная мощность по руде, тыс. т/год	Другие извлекаемые компоненты	Экономическая освоенность района	Этап освоения
ООО «Восток Инжиниринг» (ООО «ТриАрк Майнинг»)					
Томторское, участок Буранный (Республика Саха (Якутия))	Открытый	160*	Nb ₂ O ₅ , Sc ₂ O ₃	Район не освоен	Согласован проект
ЗАО «Техноинвест Альянс»					
Зашихинское (Иркутская обл.)	Открытый	1020	Ta ₂ O ₅ , Nb ₂ O ₅ , ZrO ₂	Район не освоен	Согласован проект

* Сухая руда.

По данным протоколов ЦКР-ТПИ Роснедр, ФБУ «ГКЗ», открытым данным компаний.

⁷ Государственный доклад о состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2021 году.

Освоение Томторского месторождения (проект реализуют 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», утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 26.10.2020 г. № 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 РФ от 24.09.2020 г. № 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 г. № 1377. Первым этапом освоения является ввод в эксплуатацию участка Буранный, освоение которого включает в себя строительство горно-добывающего предприятия на объекте и гидрометаллургического комбината вблизи г. Краснокаменска в Забайкальском крае (ООО «Краснокаменский гидрометаллургический комбинат» — ООО «КГМК»).

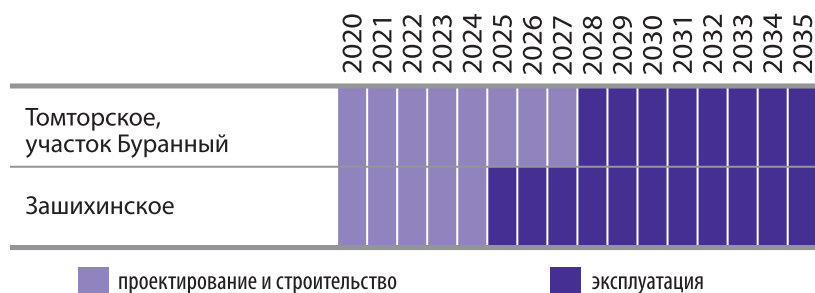


Рис. 36. Сроки основных этапов подготовки месторождений РЗЭ к эксплуатации (по данным протоколов ЦКР-ТПИ Роснедр, данным лицензионных соглашений, открытым данным компаний)

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 сростания полезных минералов между собой и с порообразующими фазами, склонность к искусственной сегрегации. Этим определяется сложность технологии извлечения из руды всех ценных компонентов с получением продукции требуемого промышленностью качества.

В конце 2021 г. ЦКР-ТПИ Роснедр согласован проект разработки участка Буранный, согласно которому в 2025–2027 гг. на объекте будут проводиться горно-капитальные и подготовительные работы и в конце 2027 г. начнется эксплуатация. Ввод в эксплуатацию КГМК запланирован на конец 2028 г.

Стратегией освоения участка Буранный, разработанной исходя из текущих потребностей перерабатывающего предприятия в 160 тыс. т руды в год, предусмотрена отработка всех его балансовых запасов в два этапа.

Первый этап (2027–2041 гг.) предусматривает отработку открытым способом балансовых запасов руды в количестве 13,8 млн т (Nb_2O_5 — 5,0%, Sc_2O_3 — 0,04%, $\Sigma \text{TR}_2\text{O}_3$ — 10,8%) с ее складированием на территории месторождения с последующей консервацией карьера и отгрузкой ранее добытой рудной массы в 2042–2047 гг. Годовая проектная производительность добывающего предприятия по товарной (сухой) руде — 160 тыс. т.

С 2048 г. после исчерпания накопленной руды карьер будет расконсервирован для доработки оставшихся балансовых запасов руды в количестве 16,7 млн т (второй этап).

В случае изменения рыночных условий стратегия будет пересмотрена.

В соответствии с требованиями КГМК первые 10 лет его функционирования на него будет поставляться руда с содержанием $\text{Nb}_2\text{O}_5 > 10\%$ и $\Sigma \text{TR}_2\text{O}_3$ 9,5–13,0%. В последующие пять лет будут перерабатываться руды с содержанием Nb_2O_5 8–10% и $\Sigma \text{TR}_2\text{O}_3$ 10–11%. Руда с меньшим содержанием Nb_2O_5 отнесена к рядовой и будет складироваться.

КГМК будет производить: оксид ниобия и направлять его на сторонний завод в виде давальческого сырья для производства феррониобия, коллективный концентрат карбонатов РЗЭ, поставляемый на сторонний разделительный завод в виде давальческого сырья 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 (3571 т в год), церия (6625 т), празеодима (650 т), неодима (1964 т), коллективный концентрат среднетяжелой группы РЗЭ (1844 т), феррониобий (4520 т) и концентрат скандия (561 т).

Работы по освоению Зашихинского месторождения, ввод которого в эксплуатацию ожидается в 2025 г., ведет ЗАО «Техноинвест Альянс». Согласно техническому проекту (2019 г.), добыча будет вестись открытым способом с поэтапным вовлечением в отработку запасов в количестве 63,4 млн т; всего предусмотрено три этапа, которые охватывают период с 2022 по 2087 г. Проектная документация разработана для первого этапа (2022–2044 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.

Первичную переработку руды предполагается осуществлять на строящейся обогатительной фабрике по гравитационно-магнитной технологии. Планируется получение двух концентратов: колумбитового (6,8 тыс. т/год, содержащего 2141 т Nb_2O_5 , 171 т Ta_2O_5 , 618 т ZrO_2 , 162 т $\Sigma \text{TR}_2\text{O}_3$) и цирконового (7 тыс. т/год, содержащего 112 т Nb_2O_5 , 23 т Ta_2O_5 , 3408 т ZrO_2 , 216 т $\Sigma \text{TR}_2\text{O}_3$). Начало производства ожидается в 2026 г.

Эти концентраты будут перерабатываться на химико-металлургическом заводе (ХМЗ), который будет построен в г. Краснокаменске (Забайкальский край),

в непосредственной близости от промышленного комплекса ПАО «ППГХО». На начальном этапе работы ХМЗ будет перерабатывать только колумбитовый концентрат по серноокислотно-фторидной схеме с получением примерно 2,5 тыс. т оксида ниобия и 220–250 т оксида тантала. В дальнейшем планируется вовлечение в переработку и цирконового концентрата (по щелочно-серноокислотной схеме). Товарными продуктами ХМЗ станут коллективный концентрат РЗЭ (около 200 т/год), пентаоксид тантала, пентаоксид ниобия, диоксид циркония и силикаты кальция.

Перспективным направлением работ по увеличению производства РЗЭ является их извлечение (и разделение) из фосфогипса и ЭФК, получаемых при серноокислотной переработке апатитовых руд.

На предприятии ОАО «ФосАгро-Череповец», ведущем переработку апатитовых руд, разработана и реализована на опытно-промышленной установке технология извлечения РЗЭ 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 выделения концентрата РЗЭ из технологических потоков переработки апатитового концентрата месторождения Олений Ручей с получением нескольких видов РЗЭ-продукции. В 2014 г. компания завершила строительство производственной установки по выпуску разделенных РЗЭ мощностью 200 т в пересчете на оксиды РЗЭ, в 2016 г. завершено опробование оборудования и технологии на рабочих средах производства РЗЭ-продукции. За 2016–2019 гг. на установке произведено 313,3 т РЗЭ-продукции (в пересчете на оксиды), которая включала в себя азотнокислый раствор РЗЭ, 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 2020 г. на установке выполнялись работы по повышению стабильности технологии. В марте 2021 г. из-за низких цен на РЗЭ и нестабильности рынка, обусловивших отрицательную рентабельность 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 РЗЭ. В качестве сырья использовался групповой концентрат РЗЭ производства ОАО «Соликамский магниевый завод», из которого выделяли оксиды Се, La, Nd, Pr, а также концентрат среднетяжелой группы РЗЭ. К концу 2020 г. на основе результатов опытно-промышленной эксплуатации экспериментального производства ООО «ЛИТ» увеличил объемы переработки концентрата до 1 тыс. т/год и расширил номенклатуру получаемой продукции.

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. В рамках проекта ООО «Скайград Инновации» (подразделение ГК «Скайград») планировало создать в г. Пересвете производство с объемом переработки до 1,5 тыс. т группового концентрата РЗЭ (в пересчете на ΣTR_2O_3) в год с получением индивидуальных оксидов легкой группы РЗЭ и концентратов среднетяжелой группы. В июле 2021 г. 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 РЗЭ из фосфогипса, получаемого АО «Воскресенские минеральные удобрения». АО «АРМЗ» провело технический аудит производства, комплексную проверку работы компании и инвестиционную оценку проекта. Экспертиза показала, что комбинат сможет производить 4 тыс. т РЗЭ в год. При этом в структуре доходов предприятия доля РЗЭ составит около 50%, примерно 30% придется на гипсовую продукцию, 20% — на удобрения. Проектируемый в настоящее время комбинат помимо индивидуальных оксидов легкой группы РЗЭ обеспечит получение оксидов среднетяжелой группы, в том числе иттрия, европия, самария, гадолиния и диспрозия. Планируется, что его первая очередь будет запущена до 2024 г., а к 2026 г. его мощность составит примерно 1 млн т фосфогипса в год. 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 в химико-металлургическом цехе позволило 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 РЗЭ.

Специалистами АО «ЧМЗ» также разработан способ переработки эвдиалитового концентрата, который, как и лопаритовый концентрат, является сырьем для производства редких и редкоземельных металлов. Предложенный метод также основан на азотнокислом вскрытии концентрата и экстракционном разделении РЗЭ. Запатентованный способ обеспечивает высокое извлечение редкоземельных металлов (до 80%) и циркония (более 90%) с получением гидроксида циркония, РЗЭ и возможностью извлекать марганец, ниобий и песок. Технология отработана в лабораторных условиях, проведены ее испытания на опытно-промышленной установке. Работа выполнена в рамках соглашения между Правительством РФ 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. Проект предусматривает восстановление рудника на участке Умбозеро Ловозерского месторождения (Муранская обл.) и создание на площадке АО «ЧМЗ» гидрометаллургического завода по переработке лопаритового концентрата. Базовый сценарий предусматривает добычу и переработку 12 тыс. т лопаритового концентрата с получением оксидов ниобия, титана, тантала и индивидуальных РЗЭ, а также нитрата калия (является ценным удобрением). По оптимистичной оценке, производство может быть создано к 2027 г.

По состоянию на 01.01.2022 г. в России действовало 17 лицензий на право пользования участками недр, содержащими РЗЭ: 12 — на разведку и добычу РЗЭ, в том числе в качестве попутного компонента (девять расположены в Арктической зоне), две — на геологическое изучение, разведку и добычу (совмещенные, одна расположена в Арктической зоне), три — на геологическое изучение с целью поисков и оценки месторождений (включая одну лицензию, выданную по «заявительному» принципу, и одну, расположенную в Арктической зоне).

За последние 10 лет основными направлениями финансирования геологоразведочных работ на РЗЭ за счет собственных средств недропользователей являлись объекты, связанные с корами выветривания карбонатитов (участок Буранный Томторского месторождения в Республике Саха (Якутия)) и редкометалльными метасоматитами (Зашихинское месторождение в Иркутской области). В 2021 г. недропользователи затратили на проведение геологоразведочных работ (ГРП) на объектах, в рудах которых присутствуют РЗЭ, 34,4 млн руб. (минус 52,4% относительно 2020 г.). В 2022 г. на эти цели планируется затратить 54,1 млн руб. (рис. 37), главным образом на доразведку перовскит-титаномагнетитовых руд на Центральном участке Африкандовского месторождения в Мурманской области, не стоящем на государственном учете, и оценку флангов участка Кедыквырпахк Ловозерского месторождения.

В 2021 г. изменения запасов РЗЭ категорий А+В+С1 за счет геологоразведочных работ произошли только на объектах Мурманской области. За счет разведочных и эксплуатационных работ получен их прирост на месторождениях Ловозерское и Партомчоррское в количестве 2,4 тыс. т ΣTR_2O_3 (в 2020 г. — 1,2 тыс. т). В результате переоценки Коашвинского месторождения, выполненной в 2021 г., учитываемые ранее запасы РЗЭ категорий А+В+С1 в количестве 2437,7 тыс. т ΣTR_2O_3 , заключенные в апатит-нефелиновых рудах, переведены в забалансовые. Переоценка запасов прочих месторождений Хибинской группы обеспечила увеличение запасов категорий А+В+С1 на 79 тыс. т ΣTR_2O_3 . В 2020 г. в забалансовые были переведены запасы месторождения Плато Расвумчорр (рис. 38).

В 2021 г. в целом с учетом разведки, переоценки, добычи и потерь при добыче запасы РЗЭ категорий А+В+С1 уменьшились на 2492,6 тыс. т ΣTR_2O_3 (минус 12,9%), категории С2 — на 504,1 тыс. т (минус 4,1%) (рис. 39). В 2020 г. уменьшение запасов категорий А+В+С1 составило 1222,3 тыс. т ΣTR_2O_3 (минус 5,9%), категории С2 — 7,1 тыс. т.



Рис. 37. Динамика финансирования ГРП на РЗЭ за счет собственных средств недропользователей с распределением по геолого-промышленным типам объектов в 2012–2021 гг. и план на 2022 г., млн руб. (по данным протоколов ЦКР-ТПИ Роснедр)

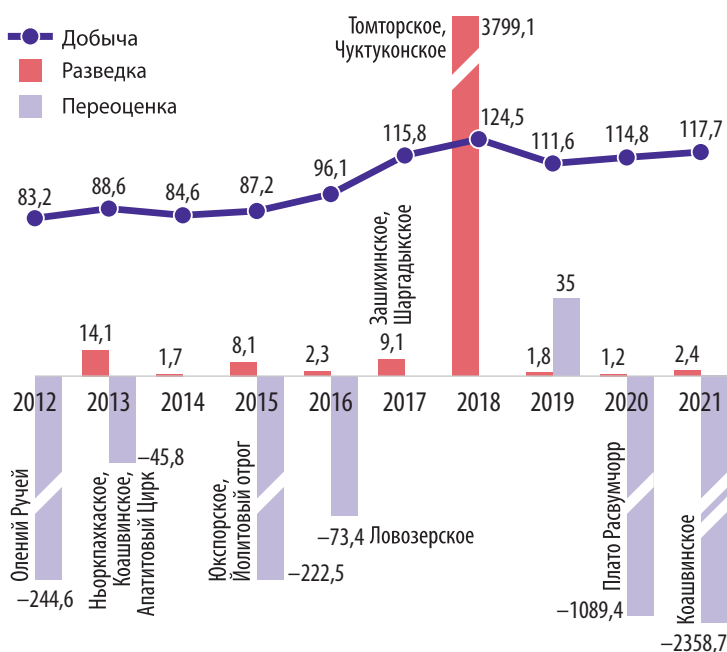


Рис. 38. Динамика прироста/убыли запасов РЗЭ категорий А+В+С1 и их добычи в 2012–2021 гг., тыс. т ΣTR_2O_3 .
Источник: Государственный баланс запасов (Росгеолфонд), <https://www.rfgf.ru>

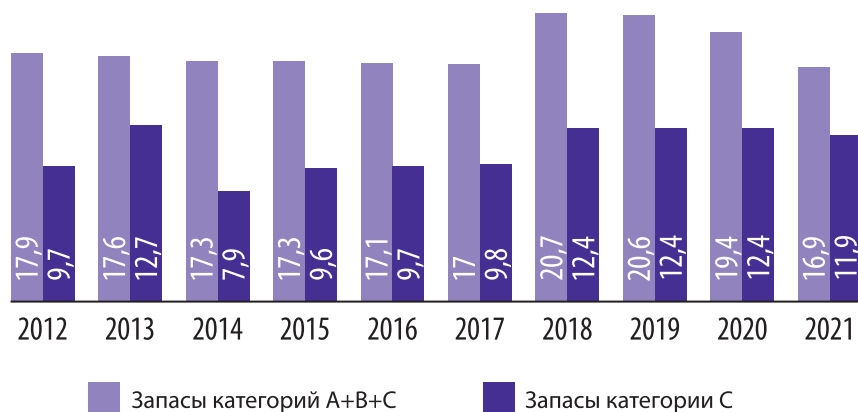


Рис. 39. Динамика запасов РЗЭ в 2012–2021 гг., млн т ΣTR_2O_3
(источник: Государственный баланс запасов (Росгеолфонд), <https://www.rfgf.ru>)

Россия располагает значительным потенциалом для прироста запасов РЗЭ: прогнозные ресурсы наиболее изученных категорий Р1 и Р2 в пересчете на $C_{2, усл}$ составляют около 6 млн т ΣTR_2O_3 (рис. 40). При этом основные перспективы расширения сырьевой базы РЗЭ связаны с двумя объектами (рис. 41): 78% прогнозных ресурсов категории Р1 локализовано в пределах Чуктуконского рудного поля (Красноярский край, кора выветривания карбонатитов), 89,5% прогнозных ресурсов категории Р2 — на Карасугском месторождении, не учитываемом государственным балансом запасов полезных ископаемых (Республика Тыва, бастнезитовые карбонатиты).

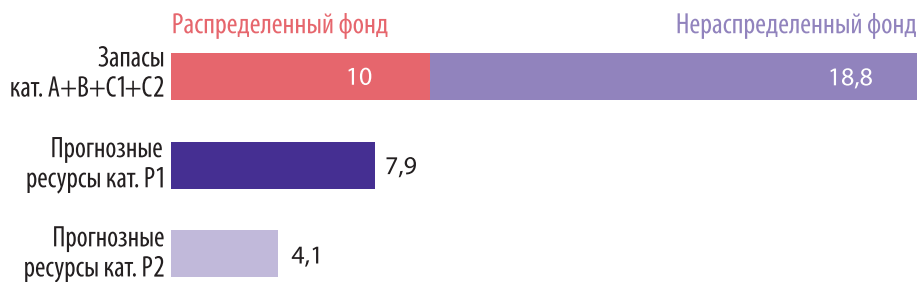


Рис. 40. Соотношение запасов и прогнозных ресурсов РЗЭ, млн т ΣTR_2O_3
(источник: Государственный баланс запасов (Росгеолфонд), <https://www.rfgf.ru>; сборник «Прогнозные ресурсы твердых и твердых горючих полезных ископаемых РФ»)

Работы по наращиванию ресурсного потенциала РЗЭ за счет средств федерального бюджета не ведутся с 2018 г.



Рис. 41. Распределение прогнозных ресурсов РЗЭ категорий P1 и P2 между субъектами Российской Федерации, млн т ΣTR_2O_3 .

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

В ограниченном объеме ГРР ранних стадий ведутся за счет собственных средств недропользователей. ООО «Ловозерский ГОК» с 2018 г. ведет поисковые и оценочные работы на юго-западном фланге участка Кедыквырпах Ловозерского редкометалльного месторождения. Завершение работ планировалось в 2023 г., по их результатам ожидается прирост запасов категорий C1 и C2 и прогнозных ресурсов категории P2. В 2020 г. АО «Аркминерал-Ресурс» (дочерняя компания ООО «Сервисная горная компания «Аркминерал») получила 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 ресурсы РЗЭ категории P2 в количестве 0,35 млн т ΣTR_2O_3 . Компания намерена провести его доразведку, организовать открытую добычу руды и создать интегрированный химико-металлургический комплекс по производству пигментного диоксида титана, соединений ниобия и тантала и оксидов редкоземельных элементов. Проект имеет статус инвестиционного проекта Мурманской области. В 2021 г. на объекте проводились буровые и сейсморазведочные работы. На 2022 г. была запланирована подготовка технико-экономического обоснования разведочных кондиций с подсчетом запасов.

Значительный потенциал российской сырьевой базы РЗЭ может обеспечить любой уровень их товарной добычи, но практически не используется. В первую очередь это связано с низким внутренним спросом на РЗЭ в силу неразвитости собственного российского производства конечной высокотехнологичной продукции (электроники, оптики, специальной керамики и сплавов, постоянных магнитов, электромобилей, ветрогенераторов). В России отсутствуют промышленные предприятия, способные осуществлять разделение коллективных соединений РЗЭ на товарные индивидуальные оксиды, вследствие чего даже относительно небольшие объемы получаемой из собственного сырья РЗЭ-продукции промежуточного передела экспортируются.

Единственный действующий редкометалльно-редкоземельный производственный комплекс России, объединяющий Ловозерский ГОК и Соликамский магниевый завод, обладает большими резервами для роста производительности. Предприятия расположены в районах с хорошо развитой инфраструктурой и имеют значительные возможности для наращивания производства.

Кроме того, перспективы роста добычи РЗЭ и получение 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. Сложные логистические решения, сложные технологические процессы, а также крайне неблагоприятное расположение объекта сильно повышают себестоимость конечной продукции.

Внедрение новых технологий переработки лопаритового и эвдиалитового концентратов на АО «ЧМЗ», получение из фосфогипса редкоземельного концентрата с последующим его разделением на индивидуальные соединения РЗЭ на ГК «Скайград» позволят полностью удовлетворить внутренний спрос.

Перспективы развития промышленности редкоземельных металлов в России, включающие в себя повышение эффективности использования отечественной минерально-сырьевой базы, на ближайшее будущее следует связывать с реализацией «дорожной карты» Госкорпорации «Росатом» «Технологии новых материалов и веществ», утвержденной Правительством РФ 27 апреля 2020 г. Ее ключевой целью является восстановление лидирующих позиций страны на мировом рынке редких и редкоземельных металлов. «Дорожная карта» предполагала к 2024 г. выпуск 11,8 тыс. т редких металлов и 7 тыс. т редкоземельных, а к 2030 г. — 43,4 тыс. т и 30 тыс. т соответственно. Затраты на реализацию программы до 2024 г. оценивались в 284,6 млрд руб.: 62,67 млрд руб. должно быть выделено из федерального бюджета, 222 млрд руб. вложат другие инвесторы. В частности, 17,7 млрд руб. инвестирует Госкорпорация «Росатом», еще 144,6 млрд руб. — ее партнеры.