

Редкоземельные металлы – оценка возможности их производства в угледобывающих регионах России

Часть I. Редкоземельные металлы – необходимая
составляющая высокотехнологичного развития страны

Rare earth metals: assessment of their production potential in coal-mining regions of the Russian Federation

Part I. Rare earth metals: a necessary component of the country's high-tech development

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2025-10-58-62>

ПЛАКИТКИНА Л.С.

Канд. техн. наук, член-корр. РАЕН,
руководитель Центра исследования
угольной промышленности мира
и России ИНЭИ РАН,
117186, г. Москва, Россия,
e-mail: luplak@rambler.ru

ПЛАКИТКИН Ю.А.

Доктор экон. наук, профессор,
академик РАЕН, академик АГН,
руководитель Центра анализа и
инноваций в энергетике ИНЭИ РАН,
117186, г. Москва, Россия,
e-mail: uplak@mail.ru

ДЬЯЧЕНКО К.И.

Канд. техн. наук,
старший научный сотрудник
Центра исследования
угольной промышленности мира
и России ИНЭИ РАН,
117186, г. Москва, Россия,
e-mail: eriras@mail.ru

В настоящее время решение проблемы значительного увеличения производства редкоземельных металлов (РЗМ) является весьма актуальной для ускоренного роста экономики страны. В этой связи в первой части статьи представлены основные РЗМ и сложности их производства. Определены главные области применения РЗМ, систематизированы базовые направления их использования. Проанализировано производство РЗМ в мире и в странах – лидерах по их добыче, переработке, включая Китай, США, Россию, Украину и др.

Во второй части статьи будут представлены прогнозы возможной добычи РЗМ, содержащихся в породных отвалах угольных шахт и разрезов России, а также в золошлаковых отвалах электростанций, расположенных в угледобывающих регионах страны. Это позволит комплексно, с учетом запасов на месторождениях РЗМ, находящихся в угледобывающих регионах, оценить возможности использования потенциала угольной отрасли в необходимом расширении производства РЗМ в России.

Ключевые слова: редкоземельные металлы (РЗМ), сложности производства РЗМ, запасы РЗМ, анализ и производство РЗМ в мировых странах, отвалы угольных шахт и разрезов, золошлаковые отвалы электростанций, прогнозы добычи РЗМ.

Для цитирования: Плаkitкина Л.С., Плаkitкин Ю.А., Дьяченко К.И. Редкоземельные металлы – оценка возможности их производства в угледобывающих регионах России. Часть I. Редкоземельные металлы – необходимая составляющая высокотехнологичного развития страны // Уголь. 2025;(10):58-62. DOI: 10.18796/0041-5790-2025-10-58-62.

Abstract

Addressing the challenge of significantly increasing the production of the rare earth metals (REM) is currently a pressing issue for the accelerated growth of the country's economy. In this regard, the first part of the article presents the main REMs and the challenges associated with their production. The main areas of application for the REMs are identified, and the basic directions for their use are systematized. The production of the REMs has been analyzed globally and in the leading countries of their mining and processing, including China, the USA, the Russian Federation, Ukraine, etc.

The second part of the article will present forecasts for the possible recovery of the REMs contained in the rock dumps of underground and surface coal mines in the Russian Federation, as well as in the ash dumps of power plants located in the coal-mining regions of the country. This will allow for a comprehensive assessment of the potential of the coal industry to expand the REM production in the Russian Federation with account of the REM reserves in deposits located in coal-producing regions.

Keywords

Rare earth metals (REM), challenges of the REM production, REM reserves, analysis and production of the REMs in countries around the world, waste dumps of underground and surface coal mines, ash dumps of power plants, forecasts for the REMs production.

For citation

Plakitkina L.S., Plakitkin Yu.A., Dyachenko K.I. Rare earth metals: assessment of their production potential in coal-mining regions of the Russian Federation. Part I. Rare earth metals: a necessary component of the country's high-tech development. *Ugol*. 2025;(10):58-62. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2025-10-58-62.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время редкоземельным металлам (РЗМ) уделяется большое внимание в мире. О них известно еще с 1950-х годов, а вот активно они стали использоваться не так давно. В последние годы РЗМ стали важным ресурсом в глобальной экономике. Производство РЗМ в большинстве стран мира востребовано, и их объемы растут. Так, в 2024 г. в мире было добыто около 400 млн т редкоземельных металлов, а весь мировой рынок РЗМ составил 11,8 млрд дол. США.

В феврале 2025 г. Президент России Владимир Путин на совещании по редкоземельным металлам отметил, что Россия планирует кратно увеличить производство РЗМ [1]. При этом он сообщил Президенту США Дональду Трампу о готовности сотрудничать с США по РЗМ. Возникает вопрос: в чем причина такого интереса к РЗМ?

Ответ на этот вопрос кроется в наличии как разведанных, так и неразведанных запасов РЗМ в России, в том числе в Арктической зоне и новых регионах. Кроме того, РЗМ можно получать из отвалов горных пород шахт и разрезов, а также из золошлаковых отходов, образуемых при сжигании угля на ТЭС.

В связи с этим анализ и перспективы производства РЗМ в условиях современных требований высокотехнологичного развития – актуальная задача.

ОСНОВНЫЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ МЕТАЛЛЫ И СЛОЖНОСТИ ИХ ПРОИЗВОДСТВА

Под редкоземельными металлами понимают группу из 17 химических элементов, которые обладают схожими химическими свойствами. Это скандий (Sc), иттрий (Y) и 15 так называемых лантаноидов – элементов периодической системы Д. Менделеева, к которым относятся: лантан (La), церий (Ce), празеодим (Pr), неодим (Nd), прометий (Pm), самарий (Sm), европий (Eu), гадолиний (Gd), тербий (Tb), диспрозий (Dy), гольмий (Ho), эрбий (Er), тулий (Tm), иттербий (Ib), лютеций (Lu) [2].

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 месторождениях, где присутствует комплекс РЗМ, требуются как их разработка, так и дальнейшая переработка таких запасов – это всегда сложный дорогостоящий высокотехнологичный процесс, с разными схемами извлечения для каждого отдельного элемента, что требует значительных финансов и современных технологий.

Производство РЗМ связано со значительными физическими разрушениями ландшафтов и созданием большого количества отходов. Особую опасность представляет радиоактивный уран, который иногда содержится в месторождениях РЗМ. Это усложняет и удорожает их добычу, т.к. необходимо безопасно отделить радиоактивные элементы. Поэтому при разработке РЗМ требуется также учитывать необходимость решения экологических проблем при их добыче и переработке.

Все месторождения редкоземельных металлов имеют очень низкое содержание полезных компонентов в добываемой руде: 1-3% уже считается хорошим показателем для начала разработки, гораздо реже до 5-6%, а уж 7-11% – единичные случаи.

По этим причинам часть запасов РЗМ до сих пор не разрабатывается.

ОСНОВНЫЕ ОТРАСЛИ ПРИМЕНЕНИЯ РЗМ

РЗМ применяются во многих отраслях промышленности, включая ядерную энергетику, ракетостроение, высокоточную оптику, черную металлургию, «зеленую» энергетику, медицину, оборонную и автомобильную промышленность и др.

Редкоземельные металлы используются при производстве: ветряных генераторов; солнечных батарей; ракетных двигателей и прочего космического оборудования; электромобилей; лазерных систем; микроэлектроники; аэрокосмического и медицинского оборудования; **ракет, самолетов, радарных систем, средств РЭБ**; приборов ночного видения и систем наведения; ультразвуковых и акустических преобразователей; беспилотников; оптоволоконной и лазерной техники и др.

Заменить некоторые РЗМ при производстве вышеприведенной техники и оборудования в большинстве случаев просто невозможно.

Именно поэтому доступ к этим ресурсам становится стратегическим вопросом для многих стран мира.

ПРОИЗВОДСТВО РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ В МИРЕ

В настоящее время мировые запасы РЗМ, по данным Геологической службы США, Австралийского правительства и Минприроды России, оцениваются в 133,5 млн т (без учета запасов Мьянмы и Нигерии), из которых 44 млн т сосредоточено в Китае, а 28,5 млн т – в России (запасы категорий А+В+С1+С2).

Товарная добыча РЗМ в мире в 2024 г. составила около 400 тыс. т (в 3,7 раза больше, чем в 2022 г.) [3, 4]. Лидеры по добыче РЗМ в мире по итогам 2024 г.: Китай – 270 тыс. т, США – 45 млн т, Мьянма – 31 млн т. В России производится только 2,5 млн т РЗМ [5].

Ожидается, что к 2035 г. мировой спрос на РЗМ вырастет в 2,3 раза по сравнению с нынешним уровнем и достигнет 900 тыс. т. При этом дефицит РЗМ может составить около 30% от потребности к 2035 г. [6].

Китай доминирует как по производству, так и по переработке многих видов РЗМ. **КНР** – единственная страна в мире, осуществляющая поставки всех видов редкоземельной продукции – от сырья до продукции высоких переделов. На его территории работают более 200 редкоземельных предприятий (без учета мелких нелегальных), включая более 30 рудников и более 10 обогатительных фабрик.

В Китае с каждым годом растет производство высокотехнологичной продукции, что приводит к росту внутреннего спроса на РЗМ.

Промышленное производство РЗМ в США на 80% зависит от китайского экспорта РЗМ. Резкое сокращение китайских поставок может создать серьезные сложности для ведущих технологических отраслей промышленности США. В то же время Китай является крупным импортером соединений РЗМ.

В США добыча редкоземельных металлов в 2024 г. составила 45 тыс. т, из которых около 90% отправляется в Китай для выпуска оксидов, которые вместе с оксидами из китайской руды затем следуют на Тайвань и другие азиатские рынки для выпуска полупроводников и интегральных микросхем. Тем не менее в настоящее время добыча РЗМ в США классифицирована как добыча критически важных минералов. С целью укрепления внутренней цепочки поставок Правительство США с 2026 г. вместо прежней «0» ставки вводит 25%-й тариф на импорт постоянных редкоземельных магнитов из Китая.

В то же время США являются крупным импортером РЗМ. Поставки редкоземельных металлов в США в период 2020–2023 гг. осуществляли: Китай (70%), Малайзия (13%), Япония (6%), Эстония (5%) и другие страны (6%). В то же время азиатские производители технологически зависят от США, которые могут наложить экспортные ограничения на выпускаемую продукцию. Зависимость от нее в Китае – около 80%. По прогнозам, в 2025 г. импорт РЗМ в США может возрасти до 12,6 млрд дол. США, а к 2037 г. – до 33,5 млрд дол. США [7, 8].

Мьянма (Бирма), которая находится на третьем месте в мире по производству РЗМ, является одной из крупнейших стран – экспортеров редкоземельных металлов в мире. Ее экспорт РЗМ в 2021 г. достиг 803 млн дол.

США, несмотря на сложный социально-политический ландшафт страны и развивающуюся горнодобывающую инфраструктуру.

Австралия делит четвертое, пятое и шестое места по добыче РЗМ с **Нигерией** и **Таиландом**. В 2024 г. в этих странах было добыто по 13 тыс. т РЗМ.

В результате проведенных геологоразведочных работ значительные запасы РЗМ были выявлены также в следующих странах: **Канаде** (8,3 млн т), **Южной Африке** (0,79 млн т), **Танзании** (0,89 млн т) и **Гренландии** (1,5 млн т).

Однако эти страны в настоящее время не ведут активную добычу РЗМ из-за сложности самого процесса добычи, экологических и прочих высоких затрат.

СОСТОЯНИЕ С РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫМИ МЕТАЛЛАМИ В РОССИИ

По запасам РЗМ **Россия** находится на втором месте в мире. Балансовые запасы РЗМ в России, по данным Минприроды России, составляют 28,5 млн т, забалансовые запасы в стране – 11,6 млн т. Кроме того, учитываются еще два техногенных месторождения (с суммарными запасами 12,9 тыс. т) [9]. Имеется еще около 2,2 млн т РЗМ в Запорожской области, где располагается крупное Новополтавское месторождение, содержание РЗМ в котором варьируется от 0,17 до 4,6%, а в коре выветривания оно повышается в несколько раз (В ГКЗ России эти запасы пока не включены).

Сырьевая база РЗМ России характеризуется высокой географической концентрацией: 46,1% запасов сосредоточено в девяти объектах Мурманской области, из которых 25% – в Ловозерском месторождении комплексных лопаритовых руд – единственном в стране объекте, добывающем в настоящее время РЗМ. Остальные запасы региона заключены в апатит-нефелиновых рудах восьми месторождений Хибинской группы, основным компонентом которых является фосфор. РЗМ Мурманской области – попутные и характеризуются низким содержанием РЗМ – в среднем 0,34%.

Отечественные РЗМ по качеству руд существенно отличаются от зарубежных собственно редкоземельных объектов (Баян-Обо, Маунтин-Пасс, Маунт-Уэлд и др.).

Руды российских объектов, как правило, комплексные, в которых редкоземельные материалы являются преимущественно попутными компонентами, с невысоким содержанием РЗМ и переменным гранулярным составом минералов. 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 пирогидрометаллургических технологий. Обоганительные технологии предусматривают применение гравитационной и магнитной сепарации, доводку черновых концентратов методами электрической сепарации, прямой и обратной флотации. Реализация таких технологий сопряжена с высокими энергетическими и материальными затратами, а также значительными технологическими рисками. Только

в Ловозерском и Катугинском месторождениях они входят в число главных компонентов.

Потенциально добычу РЗМ в России можно осуществлять на 18 имеющихся месторождениях редкоземельных металлов. В Сибири и на Дальнем Востоке 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% запасов РЗМ сконцентрированы в Селигдарском месторождении апатит-карбонатных метасоматитов, основным компонентом которых является фосфор, однако содержание РЗМ в них – низкое.

Остальные запасы заключены в комплексных редкоземельных метасоматических месторождениях по щелочным гранитам (Улуг-Танзекском в Республике Тыва и Зашихинском в Иркутской области, содержание РЗМ в них – 1,9%) и метаморфогенным породам зон тектонических нарушений (Катугинском в Забайкальском крае).

На Катугинском месторождении среднее содержание РЗМ – 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 связано 3,6% запасов РЗМ в 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.

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%. Еще 17,9% приходится на долю подготавливаемых к освоению объектов, в том числе апатит-нефелиновых руд (6,1%).

В нераспределенном фонде недр находятся 65,6% запасов РЗМ, причем 79,7% запасов, не переданных в освоение, имеются в: Ловозерском (32,4%), Селигдарском (23,4%), Чуктуконском (15,2%) и Белозиминском (8,7%) месторождениях. Запасы нераспределенного фонда недр неоднородны по качеству: среднее содержание РЗМ в них варьируется от 0,06 до 10,7%.

Для вовлечения в эксплуатацию наиболее перспективных запасов Ловозерского месторождения на базе двух участков его был создан Ловозерский ГОК.

Поэтому в настоящее время единственным промышленным источником редкоземельной продукции в России является лопаритовый концентрат, производимый из руд Ловозерского месторождения в Мурманской области. Добычу РЗМ на этом месторождении осуществляет СП «Три Арк Майнинг», принадлежащее промышленному конгломерату «Ростех», который владеет также месторождением Томтор в Якутии (пока не разрабатывается).

Помимо Ловозерского месторождения в Мурманской области и месторождения Томтор в Якутии значительные

запасы РЗМ в России подтверждены также в Магаданской области и на Чукотке. Однако и они пока не разрабатываются.

По объемам товарной добычи РЗМ Россия занимает только восьмое место в мире (в 2024 г. – 2,5 млн т). Однако в феврале 2025 г. Владимир Путин поставил задачу – кратно увеличить производство РЗМ. С этой целью в 2025 г. запущен национальный проект «Новые материалы и химия». Чтобы сделать добычу РЗМ в России более привлекательной, Правительство России снизило налоги на их добычу и предложило льготные кредиты инвесторам многих проектов по их разработке.

Ожидается, что предпринятые меры будут способствовать увеличению доли страны в мировом производстве РЗМ с нынешних 1,3 до 10% к 2030 г. Однако для этого необходимо вложить значительные капиталовложения в разработку и переработку РЗМ.

Основными компаниями, которые потенциально могут принять активное участие в производстве РЗМ в России, являются следующие: «Норильский никель», «Росатом», «Полиметалл», а также «ФосАгро», «Башкирская Содовая Компания», «АЛРОСА», «Русал». Кроме перечисленных выше компаний к производству редкоземельных металлов могут подключиться и некоторые другие российские компании и предприятия. Возможное сотрудничество с США может повысить акции таких компаний, что сделает производство РЗМ более привлекательным [10].

Огромный потенциал получения РЗМ из отходов угольной отрасли (терриконов, горных породных отвалов, золоотвалов) может стать основным направлением диверсификации угольной отрасли в рамках Программы реструктуризации.

СОСТОЯНИЕ С РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫМИ МЕТАЛЛАМИ НА УКРАИНЕ

На Украине, по оценкам, имеются все 17 редкоземельных металлов. Они расположены на месторождениях следующих территориальных образований:

- на Полоховском месторождении Кировоградской области;
- на Шевченковском месторождении Донецкой области;
- на участке «Крутая Балка» Запорожской области,
- на участке «Добрая» Кировоградской области.

По состоянию на 2023 г. совокупная стоимость полезных ископаемых составила 15 триллионов долларов. Однако более 70% из них находятся на территории Донецкой и Луганской Народных Республик (ДНР и ЛНР), а также Днепрпетровской области [11, 12].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Редкоземельные металлы в настоящее время являются необходимой составляющей высокотехнологичного развития страны.

Кроме извлечения из руд РЗМ возможно получать из золошлаковых отходов, а также отвалов горных пород шахт и разрезов. США активно разрабатывают технологии производства РЗМ из альтернативного сырья, например из летучей золы угля.

При оценках возможного использования потенциала угольных компаний в развитии производства РЗМ в России следует учитывать «положительный» для угольной отрасли «мультиэффект». Известно, что добыча и переработка РЗМ являются высокоэнергоёмкими. Это означает, что их производство в угледобывающих регионах страны из находящихся на их территориях месторождений, а также имеющихся отвалов горных пород и золошлаковых отвалов будет сопровождаться значительным ростом потребления электроэнергии. Последнее означает необходимость существенного увеличения добычи угля и его поставок на электростанции регионов, в которых будет осуществляться производство РЗМ.

Необходимо учитывать также высокий уровень цен на РЗМ, которые значительно выше, чем на уголь. Цена диверсификационного продукта угольной промышленности – от 300 (для лантана) до 30 тысяч раз (для скандия) выше, чем у угля. Это позволяет обеспечить высокие доходы для решения экологических проблем – золоотвалов и природных отвалов, т.к. имеется большой источник для финансирования.

За счет переработки отходов и минимизации воздействия на окружающую среду будет достигнут переход к циркулярной экономике, или экономике замкнутого цикла.

В этой связи у угольных компаний появляется уникальная возможность – не только освоить высокодоходные продуктовые ниши (производство РЗМ), но и существенно увеличить объемы добычи угля. Это в период высокой прогнозной неопределенности востребованности угля на экспортном и внутреннем рынках является достаточно значимым фактором устойчивого функционирования угольной отрасли РФ в долгосрочном периоде.

Продолжение следует

Список литературы • References

1. Речь о стратегическом заделе на будущее: Путин собрал совещание по редкоземельным металлам. 24 февраля 2025. <https://www.fontanka.ru/2025/02/24/75148586/>.
2. Фролова О. Что просит Америка у Украины? Редкоземельные металлы: что это, где добываются и зачем они нужны. Газета «Поиск». 28 февраля 2025 г. <https://poisknews.ru/v-mire/redkozemelnye-metally>.
3. Черных С. Россия может стать одним из ведущих производителей редких металлов. Ведомости. 13 марта 2025 г. <https://www.vedomosti.ru/analytics/trends/articles/2025/03/13/1097693-rossiya-mozhet-stat-odnim-iz-veduschih-proizvoditelei-redkih-metallov>.
4. Редкоземельные металлы: что это, свойства, где добываются. РБК. 27 февраля 2025 г. <https://www.rbc.ru/base/27/02/2025/67bdf4209a79475fb7fdf8bc>.
5. Будрис А. Большая гонка: зачем Россия вкладывает миллиарды в нерентабельные редкие металлы. Forbes.ru. 17 июля 2024 г. <https://www.forbes.ru/biznes/516422-bol-saa-gonka-zacem-rossia-vkladyvaet-milliardy-v-nerentabel-nye-redkie-metally>.
6. U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries. January 2025. <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2025/mcs2025.pdf>
7. Джин В. Страны-лидеры по добыче редкоземельных металлов, Т-Ж. 24 октября 2023 г. <https://t-j.ru/short/rare-earth-producers/>.
8. Argus Price Indicators. <https://www.argusmedia.com/ru/solutions/commodity-prices>.
9. Где в России находятся запасы редкоземельных металлов. Карта. РБК. 14 марта 2025 г. <https://www.rbc.ru/business/14/03/2025/67d2810e9a7947f7a0c40546>.
10. Редкоземельные металлы: что это такое и как на них заработать обычным людям. Банки.Ру. 03 марта 2025 г. <https://www.banki.ru/news/daytheme/?id=11011659>.
11. Украинские СМИ заявили об утрате 70% территорий с редкоземельными металлами. Регнум. 04 февраля 2025 г. <https://regnum.ru/news/3945401>.
12. Золотая жила: какие ресурсы приобрела Россия после воссоединения с регионами Донбасса. Федерал Пресс. 26 января 2023 г. <https://fedpress.ru/article/3187712>.

Authors Information

Plakitkina L.S. – PhD (Engineering), Corresponding Member of the Russian Academy of Natural Sciences, Head of Center of Research of World and Russian Coal Industry, ERI RAS, Moscow, 117186, Russian Federation, e-mail: luplak@rambler.ru

Plakitkin Yu.A. – Doctor of Economic Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Natural Sciences, Academician of Academy of Mining Sciences, Head of Center of Innovative Development of Energy Branches, ERI RAS, Moscow, 117186, Russian Federation, e-mail: uplak@mail.ru

Dyachenko K.I. – PhD (Engineering), Senior Researcher of Center of Research of World and Russian Coal Industry, ERI RAS, Moscow, 117186, Russian Federation, e-mail: eriras@mail.ru

Информация о статье

Поступила в редакцию: 17.07.2025

Поступила после рецензирования: 18.09.2025

Принята к публикации: 29.09.2025

Paper info

Received July 17, 2025

Reviewed September 18, 2025

Accepted September 29, 2025