

# ОБЗОР РЫНКА РЕДКО-ЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ

РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ИСПОЛЮЮТСЯ В РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЯХ ПРОМЫШЛЕННОСТИ, БОЛЬШИНСТВО ИЗ КОТОРЫХ, ПО ПРОГНОЗАМ, БУДУТ РАЗВИВАТЬСЯ ИНТЕНСИВНО. ПОТРЕБНОСТЬ В РЗМ ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ ИХ УНИКАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ, ВОСТРЕБОВАННЫМИ В УСЛОВИЯХ ИННОВАЦИОННОГО СОВРЕМЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА.

Авторы: Андрей Твердов, руководитель направления развития горных работ IEEС, к. т. н.; Алексей Жура, руководитель направления экономической оценки проектов IEEС, к. э. н.; Сергей Никишичев, директор IEEС, к. э. н.

Последние 10–12 лет рынок редкоземельных минералов и химических продуктов на их основе контролируется Китаем. Производство в США в последние годы значительно снизилось, и до недавнего восстановления некоторых объектов в Маунтин Пасс в США отсутствовали фабрики, которые производили разделенные редкоземельные элементы. Таким образом, за Китаем сохраняются позиции основного поставщика редкоземельных минералов на мировом рынке (около 95 %).

Фактически Китай монополизировал рынок, ведя жесткую маркетинговую политику. Введение ограничения продаж РЗМ на внешнем рынке за несколько лет привело к панике на рынке, резкому росту цен и риску потери сырья для отдельных отраслей промышленности.

Следует отметить, что две западные компании — Rhodia из Франции и AMR из Канады — разместили свои производства в Китае, а Rhodia, помимо прочего, получает сырье из Китая для своих фабрик в Японии и Франции. Все остальные западные производители редкоземельных химических продуктов покупают первично разделенные редкоземельные химические продукты в Китае для дальнейшей переработки в различные соединения.

США остается одним из крупнейших потребителей РЗМ. В 2011 году редкие земли в США не добывались; однако концентраты редких земель, производимые ранее в компании Mountain Pass, CA, перерабатывались для получения продуктов лантановый концентрат и дидим (75 % неодима, 25 % празеодима). США остаются крупным потребителем, экспортером и импортером редкоземельной продукции. Основные направления использования РЗМ в США представлены на рис. 1

Рост спроса на РЗМ в мире в ближайшие 5–7 лет прогнозируется на уровне 8–11 % в год, что свидетельствует о необходимости запуска новых проектов в течение ближайших 3–5 лет. В ближайшие 2–3 года прогнозируется дефицит тяжелых элементов (особенно на Tb, Dy, Y).



РЗМ являются стратегическим сырьем, напрямую определяющим возможности развития отдельных отраслей промышленности и реализации инновационного сценария развития России

Перспективы мирового рынка РЗМ являются благоприятными для поставщиков. При этом считается, что в среднесрочной перспективе мировые перерабатывающие мощности будут адекватны прогнозируемому уровню мирового спроса на редкие земли, однако в ближайшие годы на рынке будет остро ощущаться нехватка сырья.

Согласно прогнозам Industrial Minerals, объемы предложения РЗМ возрастут к 2015 году до 225 тыс. тонн. Объемы спроса также увеличатся и составят 197 тыс. тонн, таким образом, образуется избыток в объеме 28 тыс. тонн. Однако по большей части будут закрыты потребности по более распространенным легким элементам. В то же время ожидается небольшой дефицит по иттрию, неодиму, самарию, эрбию и тербию.

Согласно прогнозам HS Global Insight, китайская монополия на поставки РЗМ сократится, поскольку



Рис.1 Структура потребления редких земель в США

другие страны также занимаются развитием горнорудных ресурсов в данной сфере, а инженеры занимаются разработкой альтернативных материалов. Toyota Motor Corp., Renault SA и Tesla Motors Inc. объявили об устранении РЗМ из элементов своей автомобильной продукции. Также активизируются программы по переработке лома (по оценкам, через 10 лет производством РЗМ из лома будет обеспечиваться около 10 % общего объема поставок). Доля Китая в производстве РЗМ, по прогнозам, упадет в среднесрочной перспективе до 30–40 %. В настоящее время на разных стадиях развития за пределами Китая и Индии находятся более 350 редкоземельных проектов.

Резкое сокращение поставок РЗМ на внешний рынок стимулировало крупные компании к формированию собственной сырьевой базы, а также переходу на более затратные альтернативы в области машиностроения и электроники.

Ниже приведен краткий обзор направлений применения различных редкоземельных элементов.

**Церий (Ce)** применяется в производстве и полировке стекол, производстве люминофоров, керамики, катализаторов, в металлургии, производстве медицинской посуды, иллюминаторов для космических аппаратов, в атомной технике, в аналитической химии для окислительного титрования, производстве аккумуляторов с длинным сроком эксплуатации, в медицине. Наибольшим спросом в промышленности из всех цериевых соединений пользуется диоксид церия. Значительная его часть в виде порошка идет на изготовление тонкодисперсных порошков для полирования стекла, зеркал, минеральных линз. Концентраты оксидов цериевой группы востребованы в производстве пигментов, а мелкодисперсные порошки — в производстве аэрозолей.

**Лантан (La)** получил распространение в электронике, атомной промышленности, производстве аккумуляторов в автомобилестроении, производстве оптических стекол для фотоаппаратуры. Соединения, обогащенные лантаном, используются для крекинга реакций в топливном катализе, в соединениях иттрий-лантан-фторид. Оксид лантана применяется в производстве оптики, покрытий для оконного сырья, линз для фотоаппаратуры, для синтеза высокотемпературных сверхпроводников. Большое значение металлический лантан высокой чистоты имеет в атомной промышленности. Растет интерес к молибдату лантана, обладающему высокой проводимостью. В электронике ведут исследования в области производства аккумуляторов с твердым электролитом. В качестве электролита используется фторид лантана.

Применение **неодима (Nd)** включает в себя изготов-

## до 225 тыс. тонн

ВОЗРАСТУТ ОБЪЕМЫ ПРЕДЛОЖЕНИЯ РЗМ К 2015 ГОДУ, СОГЛАСНО ПРОГНОЗАМ INDUSTRIAL MINERALS

ление лазеров, окраски и тонирования стекла, применение в качестве диэлектрика. Также неодим используется для изготовления постоянных магнитов неодим-железобор (Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B) с сильным постоянным магнитным полем. Другими областями применения неодима являются легирование специальных конструкционных сталей и обработка семян с целью увеличения урожайности в сельском хозяйстве.

Основная сфера использования **диспрозия (Dy)** — это производство постоянных магнитов и использование в керамических соединениях. Неодим и диспрозий имеют ключевое значение для технологического производства ветряных турбин и электрических транспортных средств. Повышение интереса к «зеленым» технологиям может привести к увеличению спроса на эти дефицитные металлы. Спрос может значительно вырасти в течение следующей четверти века. В то же время добыча диспрозия и неодима увеличивается лишь на несколько процентов в год. Поэтому достижение устойчивого баланса спроса-предложения по данным элементам будет проблематично даже с появлением новых проектов по расширению производства редкоземельных материалов.

**Празеодим (Pr)** применяется в керамике, в качестве дополнительного элемента в различных соединениях и сплавах для легирования или сверхпроводимости, также в телекоммуникационных системах, включающих празеодим как добавку в стекловолокно.

Основное применение **самария (Sm)** — производство постоянных самарий-кобальтовых магнитов. Также самарий используется для производства лазеров благодаря своим диэлектрическим свойствам, применяется в легком электронном оборудовании (производстве электронных часов, аэрокосмическом оборудовании, микроволновых технологиях).

**Европий (Eu)** обладает уникальными люминесцентными свойствами. Использование голубых фосфоритов европия нашло применение в телевидении, компьютерных экранах и флуоресцентных лампах. Люминесцентными свойствами европия пользуются в медицине и хирургии.

Основными сферами применения **гадолиния (Gd)** являются электроника и атомная промышленность. Ряд сплавов гадолиния и особенно сплав с кобальтом и железом позволяет создавать носители информации с высокой плотностью записи. В атомной промышленности гадолиний нашел применение для защиты от тепловых нейтронов, так как он обладает наивысшей способностью к захвату нейтронов из всех элементов. Оксид гадолиния используется для варки стекла, поглощающего тепловые нейтроны. В небольшом объеме гадолиний

применяется для получения сверхнизких температур в научных исследованиях. Сплав гадолиний-железо применяется как очень емкий аккумулятор водорода, что может найти применение в водородном автомобиле. Небольшое количество гадолиния используется для производства для повышения предела прочности и текучести титановых сплавов.

**Тербий (Tb)** используется в люминофорах, во флуоресцентных лампах, как излучатель зеленого света в проекционных телевизорах, а также как рентгеновский люминофор.

**Иттрий (Y)** применяется для производства специальных сплавов. Он увеличивает прочность сплавов с такими металлами, как хром, алюминий и магний. В качестве жаропрочного огнеупорного материала является использование иттрия в производстве наиболее качественных сталеразливочных стаканов. Оксид иттрия высокой чистоты применяется в производстве люминофоров. В США производятся специальные сорта «иттриевого мшиметалла» для применения в производстве специальных сортов чугуна. Иттриевый чугун имеет повышенную износостойкость.

**Иттербий (Yb)** используется для улучшения прочности, износостойкости и других механических свойств нержавеющей стали и прочих соединений.

**Гольмий (Ho)** используется для изготовления специальных сплавов и сверхпроводящих материалов. Гольмий сверхвысокой чистоты применяется для изготовления полюсных наконечников сверхпроводящих магнитов для получения сверхсильных магнитных полей. Борат гольмия применяется в атомной технике, ионы гольмия служат для генерации лазерного излучения в инфракрасной области спектра.

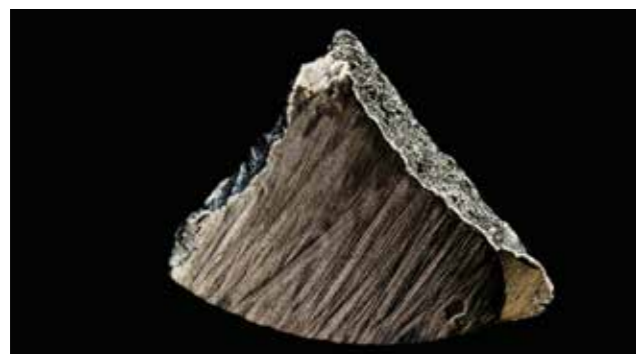
**Эрбий (Er)** применяют в металлургии совместно с ванадием. Также есть несколько применений эрбия в атомной промышленности.

**Тулий (Tm)** используется для производства жаропрочных сплавов, а также имеет некоторое применение в керамо-магнитных материалах и рентгеновской аппаратуре.

**Лютеций (Lu)** является самым тяжелым элементом среди редкоземельных металлов. Используется в качестве добавки к некоторым спецсплавам, для применения в атомной промышленности.

## РОССИЙСКИЙ РЫНОК

В настоящее время в России редкоземельные оксиды получают только из лопаритовых концентратов Ло-



возерского ГОКа. Минерал лопарит содержит тантал, ниобий, церий, лантан, европий, неодим, титан и другие редкие и редкоземельные металлы, а также торий и другие примеси. Следует отметить, что нигде в мире, кроме России, лопаритовые концентраты в качестве редкоземельного и редкометалльного сырья не используются.

В советский период переработка получаемого на Ловозерском ГОКе (Мурманская область) лопаритового концентрата осуществлялась на двух предприятиях: ГАО «Силмет» в Эстонии и Соликамском магниевом заводе (ОАО «СМЗ»). На ГАО «Силмет» производились все виды конечной ниобиевой и редкоземельной продукции, а также танталовый полупродукт, переработка которого на конечные виды танталовой продукции осуществлялась на ОАО «Ульбинский металлургический завод» (Восточный Казахстан).

На ОАО «Соликамский МЗ» из лопарита получали танталосодержащий гидроксид ниобия и сплав хлоридов редких земель, которые направлялись на дальнейшую переработку на Иртышский ХМЗ (Восточный Казахстан) для получения пентоксида и металлического ниобия и редкоземельной продукции конечного потребления. Танталовый полупродукт отправлялся на переработку на ОАО «Ульбинский МЗ».

Таким образом, в условиях СССР существовавшая технологическая цепочка переработки лопаритового концентрата была организована так, что Россия практически была лишена производства конечных видов ниобиевой, танталовой и редкоземельной продукции, в то время как именно Россия являлась их основным потребителем.

С распадом СССР и нарушением сложившихся технологических связей, а также изменением экономических условий хозяйствования Россия, по существу, осталась без производства металлических тантала и ниобия, феррониобия и готовых форм редкоземельной продукции.

## ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА РОССИИ

Известно, что одним из индикаторов инновационности экономики страны является спектр элементов таблицы Менделеева, востребованных промышленностью. РЗМ являются стратегическим сырьем, напрямую определяющим возможности развития отдельных отраслей промышленности и реализации инновационного сценария развития России.

Учитывая небольшую ресурсную базу действующих предприятий по добыче и переработке РЗМ, особенно по отдельным элементам, отмечается реальная потребность в освоении новых месторождений. Необходимо формировать стратегическую программу как по поиску новых месторождений, так и освоению разведанных месторождений РЗМ. Среди потенциальных месторождений для начала промышленного освоения можно выделить Катугинское, участки Умбозеро и Аллуайв Ловозерского месторождения, Томторское, Чуктуконское, Кийское, Орловское и др.

Большая часть неосвоенных месторождений редкоземельного сырья в России находится в труднодоступных регионах. Поэтому следует указать на следующие первоочередные направления получения РЗМ:

- переработка золы уноса и золы углей, характеризующейся высокой концентрацией отдельных элементов;

- переоценка ресурсной базы ряда месторождений, прежде не рассматривающихся как источники РЗМ. Особенно это актуально для некоторых титано-циркониевых месторождений. В ряде случаев выявляется хорошая ассоциация РЗМ с ильменитом, рутилом и цирконием;

- извлечение из апатитовых руд и хвостов обогащения апатита с высоким содержанием РЗМ. Рост цен на РЗМ вызвал дополнительный интерес к данной теме у крупных производителей апатитовых концентратов;

- извлечение РЗМ из хвостов обогащения различных руд;

- развитие кооперации в переработке редкоземельного сырья.

Следует отметить высокую концентрацию РЗМ на латеральной части чеганского палеоморя в пределах Республики Казахстан. Есть основания полагать подобную высокую концентрацию РЗМ и в латеральной части, находящейся на территории России, что предполагает целесообразность исследования палеогеографических материалов с целью выявления районов, перспективных для поисковых работ.

Говоря о перспективах поисковых и разведочных работ, нельзя не сказать о проблемах лабораторной базы России. В настоящее время имеются реальные сложности быстрого и качественного исследования химического и минерального состава руд РЗМ. Особенно эта проблема усилилась в связи с изменением требований к промышленным содержаниям РЗМ в рудах. Высокие цены на отдельные редкоземельные элементы и развитие технологий по переработке руд позволяют в настоящее время включать в освоение месторождения, не рассматриваемые ранее, как эффективные к отработке. В свою очередь, это обуславливает необходимость существенно более низкого порога чувствительности лабораторного оборудования для оценки химического и минералогического состава редкоземельных руд. Также необходимо учитывать, что с увеличением спектра элементов, представляющих интерес для проведения надежного анализа, требуется достаточно сложная подготовка.

## ЦЕНЫ НА РЕДКОЗЕМЕЛЬНУЮ ПРОДУКЦИЮ

Строительство отдельного предприятия по выделению отдельных элементов из концентратов на каждом месторождении на текущий момент неэффективно. Работающей программы по созданию в стране комплексного производства по переработке РЗМ, к сожалению, нет. Поэтому на практике анализ проектов по освоению месторождений основывается на наиболее реалистичном сценарии — в качестве товарной продукции выступает коллективный концентрат, который реализуется для переработки на предприятия следующего передела. Наиболее вероятным сценарием такой стратегии является дальнейший экспорт концентрата на китайские предприятия. В свою очередь, цена концентрата определяется исходя из его поэлементной структуры и цен на отдельные РЗМ, возможной рыночной цены на данный продукт с учетом стоимости дальнейшего передела.

Цены на оксиды РЗМ в 2011–2012 годах в \$/кг (по материалам агентства mineralprices)

Metal	31.12.2012	31.12.2011	Изменение цены
Lanthanum metal ≥ 99 %	28	62	-55 %
Lanthanum Oxide ≥ 99,5 %	13	35	-63 %
Cerium metal ≥ 99 %	25	80	-69 %
Cerium Oxide ≥ 99,5 %	12	30	-60 %
Praseodymium metal ≥ 99 %	120	250	-52 %
Praseodymium Oxide ≥ 99,5 %	95	120	-21 %
Neodymium metal ≥ 99,5 %	115	280	-59 %
Neodymium Oxide ≥ 99,5 %	77	130	-41 %
Samarium metal ≥ 99,9 %	55	150	-63 %
Europium Oxide ≥ 99,5 %	2 150	3 850	-44 %
Gadolinium metal 99,9 %	210	250	-16 %
Gadolinium Oxide ≥ 99,5 %	75	140	-46 %
Terbium metal ≥ 99,9 %	2 500	3 300	-24 %
Terbium Oxide ≥ 99,5 %	1 750	2 800	-38 %
Dysprosium metal ≥ 99 %	1 100	2 700	-59 %
Dysprosium Oxide ≥ 99,5 %	975	1500	-35 %
Erbium metal ≥ 99,9 %	275	350	-21 %
Erbium Oxide ≥ 99,5 %	77	175	-56 %
Yttrium metal ≥ 99,9 %	120	170	-29 %
Yttrium Oxide ≥ 99,99 %	50	95	-47 %
Scandium metal 99,9 %	15 000	18 000	-17 %
Scandium Oxide ≥ 99,95 %	7 200	7 200	0 %
Mischmetal ≥ 99 %	17	29	-41 %
Среднее значение			-42 %

Цену коллективного концентрата обычно определяет содержание нескольких компонентов, обладающих наибольшей стоимостью. Наибольший вклад в стоимость концентрата могут вносить как легкие элементы вследствие высокого содержания в составе концентрата, так и металлы тяжелой группы из-за их высокой стоимости.

Цены на РЗМ подвержены значительным колебаниям. Обычно цены приводятся в \$/кг оксидов. Ниже приведены цены на оксиды РЗМ в 2011 – 2012 годах в \$/кг.

Следует отметить, что информация по контрактным ценам на редкоземельные элементы не является открытой, так как РЗМ не относятся к массовым биржевым товарам. Приведенная информация отраслевого агентства отражает в основном цены китайских поставщиков.

Высокая волатильность цен на РЗМ создает дополнительные трудности при привлечении инвестиций в редкоземельные проекты. Но большинство экспертов считают, что рынки редкоземельных металлов из-за растущего спроса со стороны промышленности будут развиваться. Это подтверждает интерес инвесторов к проектам по добыче и переработке сырья, содержащего редкоземельные металлы, во многих странах. ●