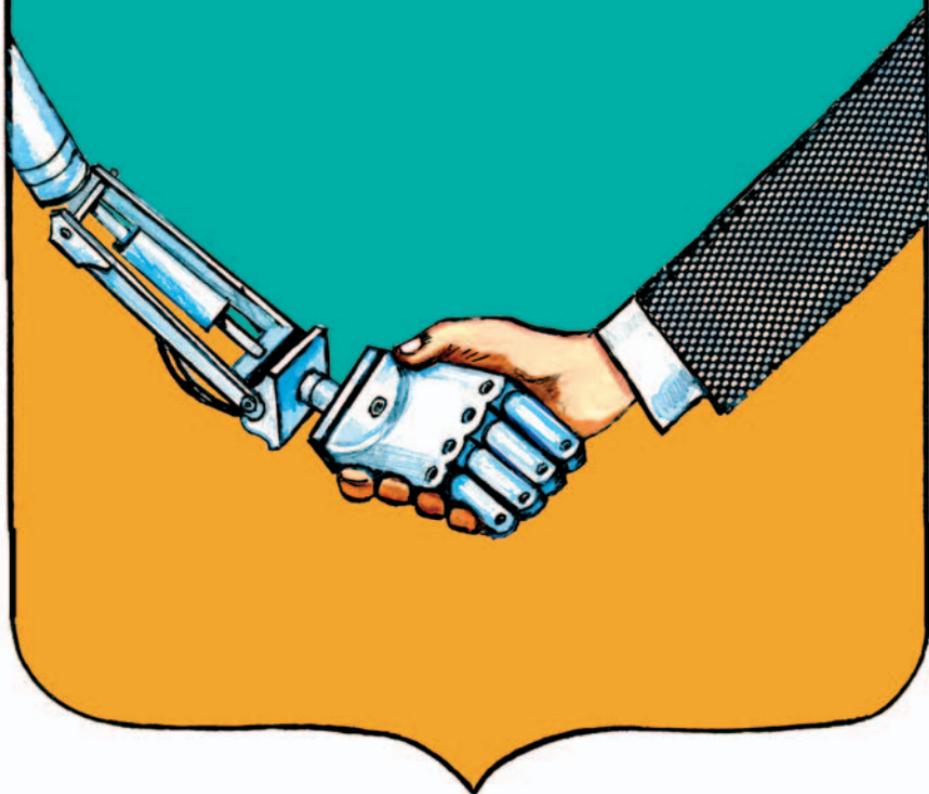


ISSN 0131-7652

ЭКО

ВСЕРОССИЙСКИЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ № 11 2012 г.

**Новой экономике –
новые материалы**



В статье дан обзор запасов и производства редкоземельных элементов в мире и в России, рассмотрены сферы их применения. Утверждается, что кардинальное изменение создавшегося положения возможно при вводе в эксплуатацию новых уникальных российских объектов мирового уровня, способных удовлетворить любые потребности рынка.

Ключевые слова: редкоземельные элементы, инновации, Китай, Россия

Стратегическое значение редкоземельных металлов в мире и в России

В.А. КРЮКОВ, *член-корреспондент РАН, заместитель директора, Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН. E-mail: valkryukov@mail.ru*

А.В. ТОЛСТОВ, *доктор геолого-минералогических наук, Институт геологии и минералогии СО РАН им. В.С. Соболева. E-mail: tols61@mail.ru*

Н.Ю. САМСОНОВ, *кандидат экономических наук, Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН, Новосибирск. E-mail: samsonov@ieie.nsc.ru*

Особый интерес и стратегическую важность для современного мирового промышленного производства, не говоря уже о будущем, представляет семейство химических элементов, известное как редкоземельные элементы (РЗЭ). Эти элементы и их химические соединения применяются в инновационных исследованиях и практических технологиях в металлургии, атомной энергетике, оптике, медицине, химической и стекольной промышленности, производстве телекоммуникационного оборудования, электронике, лазерной технике и в других областях.

РЗЭ в мире: применение, запасы, производство*

За последние десятилетия в группе «редких» побывало более 50 известных на сегодняшний день химических элементов. Сравнительно недавно к ним относились титан, ванадий,

* Данный раздел статьи подготовлен на основе доклада «Energy Critical Elements: Identifying Research Needs and Strategic Priorities» (Палата представителей Конгресса США, Комитет по науке, космосу и технологиям).



вольфрам, молибден, олово и даже инертные газы, что сейчас воспринимается разве что с улыбкой. В настоящее время в число «редких» входят 35 элементов, включающих группы редких металлов (литий, бериллий, цирконий, тантал, ниобий и др.) и редких земель (лантаноиды, иттрий и скандий).

Несмотря на их название, редкоземельные элементы не всегда являются редкими по своей суммарной массе, иногда они широко распространены в земной коре. Однако их концентрация в рудах, как правило, настолько низка, что это ограничивает возможности экономически эффективного извлечения и обогащения этих веществ для переработки и использования. Некоторые редкоземельные элементы накапливаются в качестве побочного продукта добычи более распространенной руды, содержащей, например, медь, золото, уран, фосфаты и железо¹. Но даже малые количества этих веществ при промышленном производстве позволяют получать уникальные по свойствам и качеству технические продукты и изделия из них. Объемы добычи редкоземельных веществ во всем мире не превышают 140 тыс. т, а таких элементов, как лютеций, иттербий, диспрозий, вообще ежегодно производят первые килограммы и десятки килограммов.

Редкоземельные элементы обычно классифицируются на более легкие и тяжелые. Легкие элементы (с атомными номерами от 57 до 63, а также скандий и иттрий) более распространены в природе, они шире применяются и легче извлекаются при добыче. Тяжелые редкоземельные элементы (с атомными номерами от 64 до 71) обычно менее доступны и более сложны для извлечения. Способность тяжелых элементов выдерживать более высокие температуры, по сравнению с легкими, делает их более подходящими для специфического использования, например, в современной энергетике. В этой связи примечательно, что Геологический обзор, подготавливаемый Геологической службой США (US Geological Survey), характеризует тяжелые редкоземельные элементы эпитетом – «в особенности желательные»².

¹ Congressional Research Service // Rare Earth Elements: The Global Supply Chain. – 2011. – 6 Sept. – P. 8.

² Department of Interior, United States Geological Survey Fact Sheet 087-02 // Rare Earth Elements – Critical Resources for High Technology, 2002. URL: <http://pubs.usgs.gov/fs/2002/fs087-02/>

Дело в том, что в западных странах придается особое значение расширению технического применения РЗЭ в энергетике, поскольку увеличение энергоемкости мирового промышленного производства, в частности, американского, требует поиска способов повышения энергоэффективности и в целом переосмысления стратегического значения энергетической сферы в ближайшие десятилетия в глобальном мире: «кто владеет энергией – владеет миром».

Уникальные физические и химические характеристики редкоземельных элементов делают их привлекательными для использования в ряде существующих и инновационных направлений производства. Например, сплавы некоторых редкоземельных элементов являются главным компонентом сильных постоянных магнитов, остро востребованных в широком спектре высокотехнологичной продукции. Эти направления конечного использования варьируются от автомобильных катализаторов дожигания выбросов из двигателей внутреннего сгорания до сотовых телефонов, дисплеев мониторов, микроэлектроники и медицинских приборов. Редкоземельные элементы также имеют огромное значение для производства оборонной продукции, реактивных двигателей и спутниковых систем (таблица).

Перечислим в качестве примера, где можно найти редкоземельные элементы в оборудовании и вооружении современной российской подводной лодки класса «Антей». При производстве генераторов и электроприводов используются неодим, празеодим, диспрозий и тербий. Сенсорные датчики и люминофоры дисплеев на командном пункте лодки не могли бы эффективно работать, не имея в составе иттрия, европия и церия. Гидролокаторы и оптические системы наблюдения и управления движением произведены с применением неодима, тербия, лантана и церия, а для выпуска электроприводов оперения стабилизаторов баллистических ракет, систем контроля гравитации в стабилизаторах «умных» бомб используются самарий и неодим.

Редкие элементы чрезвычайно важны в металлургических процессах, поскольку позволяют повышать качество сплавов никеля, стали, алюминия, титана. Используя низколегированные стали, содержащие 0,03–0,07% ниобия и 0,01–0,1% ванадия, можно на 30–40% снизить вес конструкций при строительстве автомобилей, мостов, многоэтажных зданий, газо- и нефтепроводов, геологоразведочного бурового оборудования и увеличить срок их службы в 2–3 раза. Это весьма актуально при строительстве нефте- и газопроводов в сложных природных и климатических условиях и в агрессивных средах (дно Балтийского

Редкоземельные элементы: примеры конечного использования

Легкие редкоземельные элементы (более распространенные)	Основное конечное использование	Тяжелые редкоземельные элементы (менее распространенные)	Основное конечное использование
Лантан (La)	Гибридные двигатели, сплавы металлов	Тербий (Tb)	Люминофор, постоянные магниты
Церий (Ce)	Автокатализаторы, переработка нефти, сплавы металлов	Диспрозий (Dy)	Постоянные магниты, гибридные двигатели
Празеодимий (Pr)	Магниты	Эрбий (Yb)	Люминофор
Неодим (Nd)	Автокатализаторы, переработка нефти, жесткие диски для ноутбуков, наушники, гибридные двигатели	Иттрий (Y)	Красный цвет, флуоресцентные лампы, керамика, сплавы металлов
Самарий (Sm)	Магниты	Гольмий (Ho)	Цветные стекла, лазеры
Европий (Eu)	Красный цвет для экранов телевизоров и компьютеров	Тулий (Tm)	Части рентгеновских аппаратов
		Лютеций (Lu)	Катализаторы в переработке нефти
		Иттербий (Yb)	Лазеры, сплавы металлов
		Гадолиний (Gd)	Магниты

и Черного морей), а также при строительстве нефте- и газодобывающих платформ для добычи углеводородов на шельфе. Все это обуславливает в самом ближайшем будущем кардинальный рост потребности в редких элементах.

Помимо редкоземельных, несколько других элементов также имеют большое значение для энергетических технологий. Это литий, используемый в аккумуляторных батареях с повышенными эксплуатационными характеристиками. Это гелий, применяемый в криогенных камерах и в новых разработках ядерных реакторов и в энергетической промышленности. Это платиноиды, востребованные в катализаторах топливных батарей, а также рений, используемый в термостойких сплавах для производства турбин нового типа.

Сферы инновационного применения редких элементов расширяются практически ежедневно. Многие редкие металлы, долгое время не востребованные, сейчас дали жизнь таким областям современной промышленности, науки и техники, как солнечная энергетика, сверхскоростной транспорт

на магнитной подушке, инфракрасная оптика, оптоволоконная электроника, лазеры, вычислительные системы последних поколений.

Производственные цепочки и каналы поставок редкоземельных элементов включают многочисленные фазы, каждая из которых характеризуется своей сложной рыночной динамикой. Производственная цепочка начинается с добычи руды, дальше следуют извлечение оксидов редкоземельных элементов, очистка материала, превращение оксидов в сплавы металлов, включение сплавов в компоненты и производство конечной продукции.

Как следствие, для сложной производственной цепочки местоположение геологических запасов редкоземельных элементов и мощностей по их добыче определяет выбор места производства конечной продукции. К примеру, неодим, гадолиний, диспрозий и тербий являются ключевыми компонентами постоянных магнитов. Но добываются эти элементы почти полностью в Китае. В результате 75% всего современного производства постоянных магнитов сосредоточено в Китае³.

С 1960-х вплоть до 1980-х годов США являлись доминирующим производителем редкоземельных элементов в мире (месторождение Mountain Pass в Калифорнии). Однако понижение цен на редкие земли, вызванное «давлением» со стороны Китая, и более жесткое экологическое законодательство в США привели к смене главного мирового производителя редкоземельных элементов – место США занял Китай.

Для достижения рыночного доминирования Китай принял долгосрочные стратегические действия по эксплуатации своих запасов редкоземельных элементов. В 1992 г. Дэн Сяопин, «отец» китайских экономических реформ, указал на это стратегическое направление, сказав примерно следующее: «Нефть сосредоточена на Ближнем Востоке, редкоземельные элементы сосредоточены в Китае». Так как в Китае, владеющем 30–40% мировых запасов высокого качества, сосредоточено почти всё мировое производство редкоземельных элементов, эта страна начала реализовывать политику усиления рыночных позиций на мировом рынке РЗЭ.

³ Congressional Research Service // Rare Earth Elements: The Global Supply Chain. – 2011. – 6 Sept. – P. 2.

Согласно оценкам, приводимым в Геологическом обзоре США, Китай в 2010 г. произвел 130 тыс. т редкоземельной руды, оксидов и металлов, что составляет 97% от мирового производства редкоземельных элементов. В то же время другие страны (США, Австралия, Бразилия, Индия, Россия, Южно-Африканская Республика, Малайзия и Малави) обладают ощутимыми запасами редкоземельных элементов, которые могут быть вовлечены в разработку. Как только цены на редкоземельные элементы начали расти, компании во многих странах заявили о планах возобновления и расширения их производства. Но разговоры так и остались разговорами.

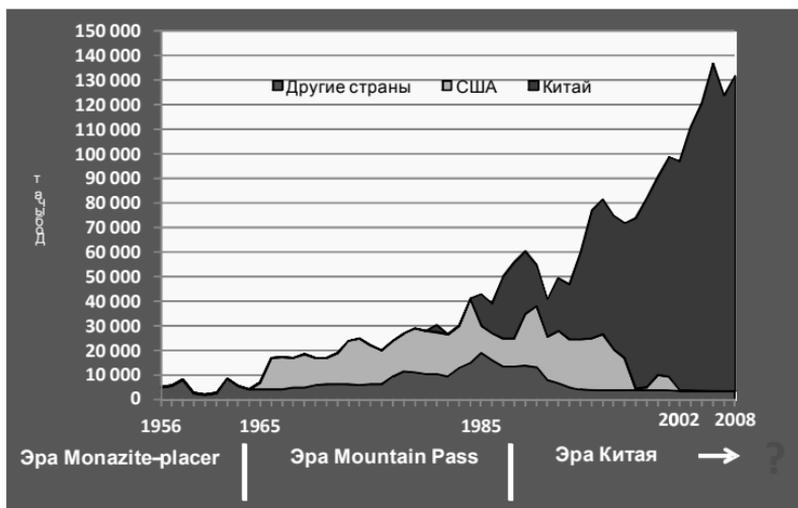


Рис. 1. Динамика добычи редкоземельных элементов в 1956–2008 гг. по ключевым продуцентам, тыс. т

Китай, благодаря своему тотальному контролю текущего производства редкоземельных элементов, имеет возможность влиять на рыночные цены и фактически регулировать их. Несомненно, Китай эксплуатирует свои ресурсы с учетом и геополитических целей. Так, в 2009 г. следом за разногласиями с Японией по территориальному вопросу Китай приостановил экспорт редкоземельных элементов своему соседу. Так как японские высокотехнологичные компании ощутимо зависят от экспорта китайских редкоземельных элементов, правительство Японии вынуждено была пойти на уступки

Китаю, разрешив инцидент, и только после этого импорт редкоземельных элементов снова стал возможен.

В 2010 г. Китай снизил свою экспортную квоту на 37% относительно предыдущего года и существенно сократил поставки РЗЭ на мировой рынок, обосновав это необходимостью ограничить негативное воздействие их добычи на окружающую среду. Разумеется, причина откровенно надуманная, но решительные действия привели к тому, что на мировом рынке спрос на РЗЭ уже в 1,5–2 раза превышает предложение. Постепенно это привело к росту цен на редкие земли. Кроме того, Китай увеличил с 15% до 25% налог для китайских компаний на экспорт редкоземельных элементов из страны. В итоге эти меры привели к росту стоимости высокотехнологичной продукции, производимой за пределами Китая, и оказали сильное давление на международные и зарубежные компании в пользу размещения производственных мощностей в Китае, что обеспечит КНР ценовые преимущества из-за снижения себестоимости (используются местные китайские редкоземельные металлы).

Политика Китая способствовала значительному росту цен на мировом рынке редкоземельных элементов. Средняя цена на экспортные редкоземельные элементы из Китая за сентябрь 2011 г. установилась на 752% выше уровня 2010 г. Однако мировой рынок начал реагировать на рост цен. Ряд компаний заявили о своих намерениях создать новые производственные мощности по выпуску РЗЭ, и цены снизились приблизительно на 40% от их пика в июле.

Реагируя на падение цен на редкоземельные элементы, Китай вновь начал использовать преимущества своего положения на рынке, манипулируя поставками и искусственно поддерживая высокие цены. В октябре китайская государственная корпорация Inner Mongolia Baotou Steel Rare Earth Hi-Tech Company объявила о приостановке производства редкоземельных элементов на один месяц «в попытках поддержать цены».

В 2010 г. спрос на редкоземельные элементы оценивался в 136 тыс. т, в то время как мировое производство оставалось на уровне 133,6 тыс. т. Расположенная в США компания Molycorp начала извлечение и переработку ранее добытых оксидов редкоземельных элементов на своих мощностях

в Mountain Pass в Калифорнии. В дальнейшем Molycorp объявила о намерениях полностью возобновить добычу на Mountain Pass (проект получил название Phoenix), запланировав произвести 19 тыс. т оксидов редкоземельных элементов к концу 2012 г. и выйти на объем 40 тыс. т – к середине 2013 г.

Ожидается, что в ближайшем будущем спрос на редкоземельные элементы продолжит свой рост. К примеру, Китайская ассоциация редкоземельной промышленности прогнозирует рост спроса к 2015 г. до 210 тыс. т.

Способность рынка быстро реагировать на дефицит поставок ограничена множеством факторов. Так, по оценкам, требуется до 15 лет для открытия нового рудника, чтобы поступления редкоземельного сырья из него затруднили способность рынка быстро реагировать на ценовые колебания и повышенный спрос. Кроме того, открытие новых производственных мощностей требует инвестиций не менее 1 млрд долл. для каждого нового добычного проекта, а привлечение таких сумм затруднительно при сегодняшней ситуации на финансовых рынках.

В рамках каждого звена цепи поставок существуют возможности влияния на доступность и цену редкоземельных элементов. Кроме проекта компании Molycorp по возобновлению и модернизации производства в Калифорнии, корпорация Lynas Corporation расширяет производство на месторождении Mount Weld в Австралии (провинция Западная Австралия) для выпуска свыше 20 тыс. т оксидов редкоземельных элементов. В ближайшие пять лет производство может начаться на новых рудниках в Австралии, Бразилии, Канаде и Вьетнаме.

Но получение доступа к сырью – только один из вызовов в обеспечении поставок редкоземельных элементов. Промышленность должна уметь произвести с использованием такого специфического сырья конкурентоспособную высокотехнологичную продукцию. Но, например, в настоящее время ни одна компания США не выпускает высококачественные постоянные магниты на неодиме, используемые в бытовой технике, ветродвигателях и в оборонной промышленности. Японская компания Hitachi владеет ключевым патентом на производство

наиболее мощных магнитов в мире и предприняла меры по значительному ограничению лицензирования. Поскольку производить магниты без разрешения Hitachi или без изобретения новой технологии производства, позволяющей «обойти» лицензию, невозможно, выпуск постоянных магнитов, по всей видимости, останется в Японии, хотя добыча и переработка неодима ведется в США и в Китае.

Из-за ограниченной доступности основных редкоземельных элементов некоторые компании разрабатывают материалы-заменители. Корпорации Toyota и General Electric объявили о своих намерениях уменьшить использование редкоземельных элементов при производстве машин и ветродвигателей. Поскольку один из крупнейших потребителей редкоземельных металлов – это мировая автомобильная промышленность, использующая постоянные магниты с редкоземельными металлами, то автомобилестроение де-факто поставлено перед необходимостью разрабатывать инновационные решения, не требующие их применения.

Редкоземельные металлы в России: что будем делать?

В 1980-х годах Советский Союз стал значительно отставать от развитых стран по валовому потреблению ниобия, тантала и циркония. Львиная доля добываемых редких металлов шла в оборонную промышленность. В дальнейшем эта тенденция только усугублялась. После развала СССР единая редкометаллическая промышленность распалась и оказалась в разных государствах (Казахстан, Россия, Эстония). В результате были разорваны экономические связи, которые сейчас уже не могут быть восстановлены в прежнем виде. Таким образом, промышленность России характеризуется низкой насыщенностью редкими элементами. Парадоксально, но основная часть редкоземельной продукции, используемой в России, импортируется из Китая и Бразилии (ниобий), а концентраты редкоземельных металлов (РЗМ) Ловозерского месторождения (Мурманская область, Кольский полуостров) направляются на переработку в Эстонию и затем в виде сплавов экспортируются в США.

В то же время Россия располагает уникальной ресурсной базой для создания современных производств в сфере добычи, переработки и последующего применения редкоземельных

элементов. Развитие экономики в данном направлении позволяет наилучшим образом сочетать природно-ресурсный потенциал страны и настоятельную потребность в модернизации экономики и переводе ее на инновационный путь развития.

Интенсивное развитие наукоемких производств по созданию новых материалов для новой наукоемкой и интеллектуальной экономики является реальным и достижимым в обозримой перспективе.

Как нам видится, сейчас России предоставляется уникальный исторический шанс – создать новую наукоемкую отрасль промышленности, ориентированную как на внутренний, так и на внешний рынки. Ограничение поставок из Китая редких земель, необходимых для промышленности индустриально развитых стран мира – Японии, Южной Кореи, США, Канады, Германии, Франции, Италии, открывает высококлассным российским месторождениям редкоземельных металлов перспективы освоения. Возникший дефицит редкоземельных металлов уже привел к повышению цен на скандий и иттрий, на металлы цериевой группы, при этом в долгосрочной перспективе прогнозируется повышение мировых цен на редкоземельные металлы.

Обозначился инвестиционный интерес российских и зарубежных компаний и инвесторов (прежде всего, из стран Азиатско-Тихоокеанского региона) к сибирским и дальневосточным месторождениям редкоземельных металлов. Все это дает России дополнительный шанс стать ведущим игроком на мировом рынке редкоземельной продукции, развить современные технологии их добычи и обогащения, сформировать собственные технологические платформы создания высокотехнологических продуктов на их основе, в том числе для экспорта.

Мы уже подчеркивали, что в современной промышленности без применения редкоземельных металлов практически невозможно развитие энерго- и ресурсосберегающих технологий, ядерной энергетики, космических систем, современной медицинской аппаратуры, создание перспективных видов вооружений, военной и специальной техники, развитие других приоритетных направлений науки и техники (рис. 2). Профиль российской обрабатывающей промышленности, к сожалению, характеризуется низкой степенью насыщенности



Источник: Лаборатория синтеза и роста монокристаллов соединений РЗЭ, Институт неорганической химии СО РАН, Новосибирск

Рис. 2. Использование редкоземельных металлов

редкими элементами. С одной стороны, это ограничивает внутренний рынок, но с другой – создает предпосылки для формирования новых производственных циклов, территориальных площадок и инновационных видов продукции.

Изменение создавшегося положения возможно при вводе в эксплуатацию новых крупных месторождений редких земель, в том числе с привлечением иностранного капитала на условиях технологических концессий, совместных предприятий, центров трансфертов технологий и создания конечных продуктов с высокой добавленной стоимостью.

Минерально-сырьевая база редкоземельных металлов России (прежде всего Сибири и Дальнего Востока) по объему и качеству сырья, экономическим, геологическим и горнотехническим параметрам является уникальной. Российские

запасы РЗМ составляют 30% мировых, прогнозные ресурсы – самые крупные в мире. В настоящее время наиболее перспективным неразрабатываемым (подготовленным для проведения аукциона или конкурса) объектом является сверхкрупное месторождение Томтор (Западная Якутия). Сибирские геологи подготовили уникальную сырьевую базу комплексных ниобий-редкоземельных руд на Томторском месторождении (участок Буранный). В Сибири уже имеются предпосылки для создания технологической платформы по переработке редкоземельных металлов и их использованию как конструкционных материалов для производства высокотехнологичной продукции на базе трансферта зарубежных технологий переработки сырья, в том числе с привлечением иностранного капитала. К работе могут привлекаться российские инвестиционные группы, зарубежные компании, участвующие в Консультативном совете по иностранным инвестициям.

Чрезвычайно важно, что создание новых производств по обогащению, выпуску материалов с применением и на базе РЗМ позволяет сформировать в российской экономике, в том числе в восточных районах страны, устойчивые и эффективные кооперационные связи между северными и южными регионами, дать дополнительный импульс для перехода экономики от производства и экспорта необработанных сырьевых материалов и энергоресурсов к созданию современных высокотехнологичных продуктов. Стоимостные характеристики таких продуктов, в сочетании с их относительно малым весом, позволяют преодолеть «проклятие» пространств и расстояний, которые пагубно влияют на возможности интеграции экономики восточных регионов страны в систему мирохозяйственных связей.

Необходимы целенаправленные шаги и меры по поддержанию конъюнктуры рынка редких земель, развитию форм взаимодействия различных отраслей промышленности по переработке редких металлов и формированию в городах Сибири и Дальнего Востока кластеров и цепочек создания повышенной добавленной стоимости на основе использования РЗМ.