

УДК 339.13:338.[2+5]

Особенности мирового рынка редкоземельных металлов*

В.А. Яценко, Н.Ю. Самсонов, Я.В. Крюков (Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН, Новосибирск)

Выполнен анализ влияния Китая, являющегося монополистом на мировом рынке редкоземельных металлов, на производство, потребление и формирование добавленной стоимости наукоемкой продукции на их основе. Рассмотрены проекты производства редкоземельных металлов в России. Подтвержден тезис о том, что редкоземельные металлы стали глобальным экономическим и политическим инструментом.

Ключевые слова: редкоземельные металлы; наукоемкая продукция; производство; потребление; цепочка добавленной стоимости.



Виктор Анатольевич ЯЦЕНКО,
младший научный сотрудник



Николай Юрьевич САМСОНОВ,
старший научный сотрудник,
кандидат экономических наук



Яков Валерьевич КРЮКОВ,
старший научный сотрудник,
кандидат экономических наук

В современном мире редкоземельные металлы (РЗМ) играют большую роль, и значение их увеличивается с каждым годом благодаря использованию во многих технологиях и наукоемких продуктах: при производстве телевизоров, сотовых телефонов, компьютеров, в автомобиле- и самолетостроении, в подводных лодках, танках, в лазерной технике, сверхпроводниках, высокотемпера-

турной керамике, высококачественных оптических стеклах (табл. 1). Наиболее динамично развивающиеся технологии – это энергосберегающие и природоохранные (часто их называют "зеленые технологии"): ветровые установки, солнечные батареи, электромобили и т.д.

РЗМ, или редкоземельные элементы (РЗЭ) представляют собой группу из 15 лантаноидов, имеющих порядковые номера от 57 до 71 (лантан, церий, празеодим, неодим, прометий, самарий, европий, гадолиний, тербий, диспрозий, гольмий, эрбий, тулий, иттербий, лютеций), иттрия, скандия (порядковые номера соответственно 39 и 21). РЗМ по их атомному весу разделяют на легкие, средние и тяжелые (в западной литературе – часто на легкие и тяжелые). С учетом конфигурации электронов в атомах РЗМ делят на цериевую и иттриевую группы [2].

РЗМ имеют большое сходство химических и некоторых физических свойств, что объясняется почти одинаковым строением наружных электронных уровней их атомов. В связи с этим производственная цепочка от получения первых редкоземельных концентратов до производства оксидов и индивидуальных металлов, является наукоемкой, как и редкоземельная продукция**.

Производство такой продукции имеет особенности:

- во-первых, как правило, содержание легких РЗМ в руде значительно выше, чем тяжелых, а объемы их производства обычно не соответствуют спросу, предъявляемому мировым рынком (в этом случае говорят о балансовой проблеме, или проблеме балансирования [3]);
- во-вторых, объем потребления легких РЗМ в натуральном выражении в последние годы составляет примерно 92 %, а тяжелых – 8 %, при этом в стоимостном выражении рынок первых составляет примерно 67 %, а вторых – 33 %;

* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта 17-06-00231/18 "Исследование и определение роли государства при стимулировании и формировании спроса на редкоземельные металлы для высокотехнологичных отраслей отечественной промышленности в условиях неопределенности".

** Это продукция, производство которой связано с высокими абсолютными и относительными (по отношению к общим издержкам) затратами на проведение большого объема теоретических расчетов, научных исследований, экспериментов и апробаций, поиска технологий, обеспечение экологической чистоты и безопасности обслуживания.

Таблица 1. Структура мирового потребления РЗМ по областям применения в 2013–2014 гг. (в пересчете на оксиды), % [1]

Область применения	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Y	Другие	Итого
Магниты			23,4	69,4			2	0,2	5			100
NiMH батареи	50	33,4	3,3	10	3,3							100
Металлургия	26	52	5,5	16,5								100
Автокатализаторы	5	90	2	3								100
Катализаторы крекинга нефти	90	10										100
Полириты	31,5	65	3,5									100
Добавки в стекло	24	66	1	3						2	4	100
Люминофоры	8,5	11				4,9	1,8	4,6		69,2		100
Керамика	17	12	6	12						53		100
Другие области	19	40	4	15	2		1			19		100

Таблица 2. Мировое производство и резервы РЗМ, т [4]

Страна	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Резервы**
Китай*	89 200	93 800	93 800	93 800	105 000	105 000	105 000	105 000	44 000 000
Австралия	–	2188	3222	3000	8000	12 000	15 000	20 000	3 400 000
Россия	2300	2500	2400	2500	2600	2800	2800	3000	18 000 000***
Бразилия	140	140	110	330	–	880	2200	2000	22 000 000
Тайланд	5600	3 100	120	130	1900	760	1600	1600	–
Индия	1700	1700	1700	1700	1700	1700	1500	1500	6 900 000
Малайзия	380	410	100	180	240	500	300	300	30 000
Вьетнам	170	200	200	100	–	250	220	100	22 000 000
США	–	–	3000	5500	5400	5900	–	–	1 400 000
Итого	99 500	104 000	105 000	107 000	126 000	130 000	130 000	134 000	120 000 000

* Согласно китайским квотам на производство, которые не включают нелегальные поставки.

** Согласно классификации минерально-сырьевых запасов и ресурсов США.

*** Согласно российской классификации минерально-сырьевых запасов и ресурсов по категориям А+В+С₁+С₂ в стране более 26,9 млн т.

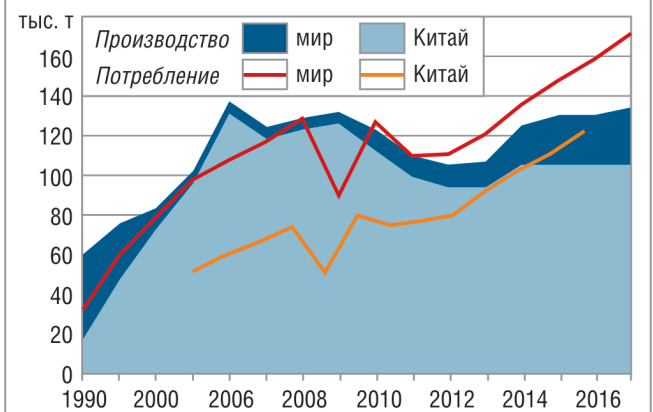
■ в-третьих, ключевым игроком на рынке стал Китай, который благодаря богатому геологическому редкоземельному потенциалу стал монополистом и контролирует до 80 % мировых объемов поставок сырья (табл. 2) [4]. При этом китайские специалисты обладают всеми знаниями, технологическими и производственными цепочками, что позволяет использовать на нужды своей высокотехнологичной промышленности более 70% потребляемых в мире РЗМ. Тогда как на долю Японии приходится 10-11 % мирового потребления РЗМ, США – 8-9 %, ЕС – 6-7 %, остальных стран – до 6 % [5].

Поэтому сегодня главный вопрос заключается в следующем: будет ли Китай надежным поставщиком редкоземельных металлов, в основном тяжелых, для всего остального мира? Стремление руководства страны к улучшению экологической ситуации в отрасли, искоренению незаконной добычи полезных ископаемых может существенно повлиять на поставки РЗМ, прежде всего тяжелой группы, которые в основном получают из ионно-адсорбционных глин низкого качества в Южном Китае (в частности в Jiangxi и Guangdong), где была широко распространена незаконная добыча со всеми вытекающими последствиями для эко-

логии [5]. Кроме того, сведения о запасах РЗМ, проведенных геолого-разведочных работах и технико-экономических показателях РЗМ-проектов не публикуются на государственном уровне.

По данным Геологической службы США, в 2015-2017 гг. в мире легальное производство РЗМ (в пересчете на ок-

Рис. 1. Соотношение мирового и китайского производства и потребления РЗМ (в пересчете на оксиды)



сиды) ежегодно составляло более 130-135 тыс. т* (см. табл. 2), а потребление – 160-175 тыс. т (рис. 1) [4], что, по нашим оценкам, соответствует примерно 5-9 млрд долл. При этом вся наукоемкая продукция и товары на основе РЗМ оцениваются в 1,5-2,0 трлн долл. (рис. 2), что соответствует 9-12 % от объемов всей мировой торговли.

В последние годы стало очевидно, что правительство Китая будет проводить политику на удержание всей цепочки производства и добавленной стоимости наукоемкой продукции на основе РЗМ внутри страны, поскольку считает этот ресурс не просто стратегическим, а национальным достоянием. Так, в 2009 г. созданы хранилища легких РЗМ в Баотоу, а в 2012 г. – тяжелых РЗМ в Южном Китае с целью регулирования как национального, так и мирового редкоземельного рынка и ценообразования [5, 7, 8]. В 2012-2013 гг. из 21 тыс. т избыточно произведенных РЗМ (в пересчете на оксиды) 20 тыс. т поступило в Госрезерв [6]. Власти Китая способны преобразовать отмененные квоты и налоги после вмешательства ВТО в 2012-2014 гг. в другие финансовые и фискальные инструменты, например, во внутренние субсидии или льготы (в том числе доступ к запасам РЗМ), не нарушая существующих правил международной торговли.

Это подтверждает один из главных тезисов: редкоземельные металлы стали (пока больше в Китае) экономическим и политическим инструментом. Так, в 2010-2011 гг. власти Китая показали, как можно его использовать для достижения национальных интересов**, когда высокотехнологичный мир создает опережающими темпами наукоемкие продукты и товары на основе РЗМ, а мировое их производство не в состоянии обеспечить стремительно растущий спрос (см. рис. 1). Согласно статистике Американской геологической службы [4], с 2005 г. ежегодный мировой прирост потребления РЗМ в среднем составляет 7 % при ежегодном мировом приросте производства 4 %.

Если такая тенденция сохранится, то ежегодное мировое потребление РЗМ может составить 250-280 тыс. т к 2025 г. и 350-380 тыс. т к 2030 г., тогда как производство их не превысит соответственно 180-200 и 210-250 тыс. т.

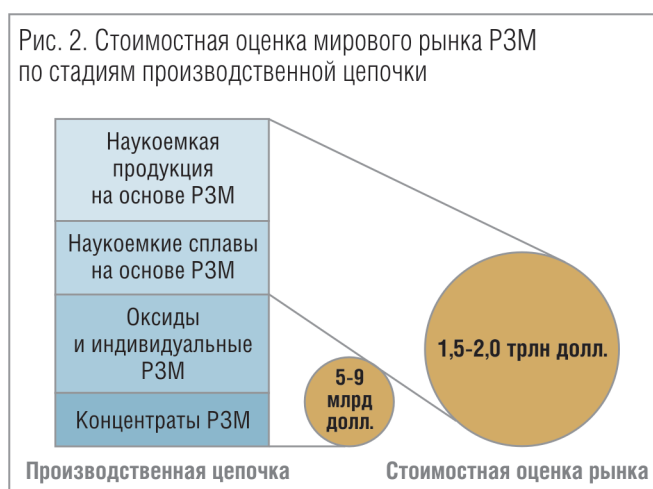
Таким образом, уже сегодня необходимо разрабатывать новые проекты освоения месторождений РЗМ, комплексные технологии переработки из отходов и вторичного сырья. И такие проекты в настоящее время начинают появляться: месторождения Mountain Pass (США), Serra Verde (Бразилия), Kerala, Orissa (Индия), Kvanefjeld (Гренландия), Norra Kärr (Швеция). Австралийские компании Lynas и Treibacher Industrie AG наладили собственную полную производственную цепочку создания наукоемкой редкоземельной продукции [5, 10].

В России также существует значительный потенциал создания полной производственной цепочки. Государственным балансом запасов полезных ископаемых РФ по состоянию на начало 2016 г. учитываются 17 месторождений с запасами редкоземельных металлов. Однако в настоящее время только Ловозерский горно-обогатительный комбинат (Мурманская область) перерабатывает редкоземельную руду в лопаритовый концентрат, откуда она поступает на Соликамский магниевый завод (Пермский край), где получают концентраты в виде хлоридов и карбонатов РЗМ. Несмотря на рост поставок лопарита в последние годы, коэффициент использования мощностей по его хлорированию составляет не более 70 % [6].

В свою очередь Соликамский магниевый завод отгружает готовую продукцию (3-5 тыс. т в год) на завод AS Silmet (Эстония), принадлежащий с 2011 г. американской компании Neo Performance Materials. Здесь производится разделение карбонатов на индивидуальные РЗМ, которые идут на нужды высокотехнологичной промышленности США. Хотя эта достаточно устойчивая цепочка производства и разделения РЗМ находится за пределами Китая, ее жизнеспособность и функционирование сильно зависят от политической конъюнктуры (прежде всего, от политики Китая и США). Есть вероятность того, что в будущем в изменившихся мировых политических условиях, с вводом санкций против России, поставки соликамского редкоземельного сырья могут стагнировать или совсем прекратиться.

В последние годы в России было запущено несколько производств редкоземельных металлов. В 2016 г. группа компаний "Акрон" (крупнейший мировой производитель минеральных удобрений) на одной из площадок Северо-Западной фосфорной компании (СЗФК) в Великом Новгороде запустила проект комплексной переработки апатит-нефелиновых руд, поставляемых с ГОКа "Олений Ручей" (Мурманская область). Мощность опытно-промышленного производства оксидов церия, лантана, неодима, концентратов легкой, средней и тяжелой групп РЗМ составляет около 200 т в год (в пересчете на оксиды). В дальней-

Рис. 2. Стоимостная оценка мирового рынка РЗМ по стадиям производственной цепочки



* Без учета нелегального производства в Китае, которое может составлять (по оценке Китайской ассоциации отрасли РЗЭ) около 40 % от официального производства в стране [6]. Вероятно, за счет этого устанавливается баланс между спросом и предложением РЗМ.

** Например, к сильному сокращению экспортных квот в 2010 г. можно добавить давление Пекина на правительство Японии с помощью приостановки поставок РЗМ и их продуктов во время территориального спора на Архипелаге Сенкаку [9].

шем планируется создание крупномасштабного производства на заводах СЗФК (Великий Новгород) и Дорогобуж (Смоленская область) [11, 12].

Другое направление получения РЗМ – переработка отходов производства минеральных удобрений – фосфогипса. На текущий момент в отвалах промышленных предприятий России накоплено около 200 млн т этого вещества, в которых содержится 80-98 % гипса и около 100 тыс. т РЗМ. Ежегодный прирост фосфогипса составляет 10-15 млн т. Решением этой задачи занимается компания "Лаборатория инновационных технологий" (ЛИТ), которая входит в холдинг "Скайград" (Московская область). Компания ЛИТ планирует создать производство по разделению групповых редкоземельных концентратов на индивидуальные элементы, используя в том числе и оборудование собственного производства. Для этих целей будет построена производственная площадка в г.Пересвет (Московская область). Основным поставщиком для предприятия ЛИТ, вероятнее всего, станет предприятие "ФосАгро", с которым уже подписано соответствующее соглашение. Мощность переработки фосфогипса планируется на уровне 20 тыс. т в год.

В 2019 г. планируется разделение группового редкоземельного концентрата производства Соликамского магниевого завода, получаемого из лопаритового концентрата, на уровне 2-4 тыс. т в год [13].

Еще одним потенциальным проектом для развития отечественной промышленности может стать ниобий-редкоземельное месторождение Томтор (Республика Саха (Якутия)). В нем содержатся как традиционные полезные ископаемые (железо, фосфор, титан, ванадий), так и редкие элементы: ниобий, иттрий, скандий и группа лантаноидов, запасы которых могут обеспечить потребности России на сотни лет [14]. Недропользователь – компания "ТриАрк Майнинг"*, планирует разместить химико-металлургическое производство для переработки томторских руд на территории Приаргунского производственного горно-химического объединения (Забайкальский край) [15] с объемом производства до 10 тыс. т в год разделенных оксидов РЗМ к 2021 г. и занять доминирующее положение на европейском рынке, обеспечив до 10 % их мировых поставок [16].

Главная проблема РЗМ-индустрии в России – отсутствие высокотехнологичных производств, в которых используются РЗМ и как следствие – первоначального спроса на эти стратегические наукоемкие минеральные ресурсы. Например, начиная с 2000-х гг. резкий толчок спроса на индивидуальные РЗМ дало развитие "зеленой" и возобновляемой энергетики, в первую очередь ветровых электростанций и электромобилей, производства которых в РФ нет**. Эти области могут стать беспрецедентными драйверами роста потребления РЗМ. Поэтому все отечественные производители будут вынуждены ориентироваться на экспорт и внешние рынки, что непременно приведет к конкурентной борьбе с редкоземельной продукцией Китая.

* Совместное предприятие ГК "Ростехнология" и Группы "ИСТ".

** Главными потребителями РЗМ в России являются ГК "Ростехнология" (до 70 %), ГК "Росатом" (20-25 %) и нефтехимическая промышленность.

Рис. 3. Пример цепочки создания стоимости постоянных неодимовых магнитов [8]



Очевидно, что китайские власти продолжают стратегию, направленную на развитие горно-добывающего сектора РЗМ и его вертикальное расширение, постепенно интегрируя вышестоящие этапы цепочки создания стоимости, чтобы охватить большую долю от добавленной стоимости. Например, по данным UNCTAD, стоимость 1 кг соединения Nd₂Fe₁₄B (неодимовые постоянные магниты) превышает стоимость 1 кг соответствующего концентрата примерно в 18 раз (рис. 3) [8]. В табл. 3 представлена цепочка добавленной стоимости на редкоземельные элементы на внутреннем рынке Китая в 2017 г.

В эффективных экономиках развитых стран ценообразование происходит на основе взаимодействия спроса и предложения. Это взаимодействие происходит в рамках

Таблица 3. Цепочка добавленной стоимости на рынке Китая в 2017 г. на площадке Asian Metal, цены EXW, долл./кг [17]

РЗМ	Хлориды	Карбонаты	Оксиды чистой		Миш-металл	Металлы 99-99,99 %
			99-99,9 %	99,99-99,999 %		
Y				3,2		
Sc				1174,70		3327,50
La	0,8-1,8		2,2	3,7	4,4-5,1	5,2
Ce		1,61	1,9	5,2		5
Pr			61,7		64,8	87
Nd			48,9			62,6
Sm			2			14
Eu				72,8		277,1
Gd			12,9	17,3		
Tb				495,3		655,2
Dy			180,6			261,6
Ho			58,9			
Er			25,9			
Yb				20,3		
Lu				685,8		

одного института или механизма, который называется рынок. Чаще всего ценообразование является прозрачным, например, цены на многие металлы можно найти на Лондонской, Шанхайской и других биржах, на нефть – на Нью-Йоркской товарной и Лондонской биржах и т.д., в отличие от редких земель, которые не торгуются и не котируются на международных товарных биржах. Кроме того, монополистический характер рынка РЗМ, статус "критических" (или "стратегических") во многих странах мира [18], отсутствие надежной международной торговой статистики РЗМ не способствуют улучшению ситуации и повышению прозрачности ценообразования в будущем.

Другие высокотехнологичные страны, не обладающие геологическим редкоземельным потенциалом (например, Германия, Англия, Франция, Япония, Тайланд и др.), также способны обеспечить выпуск наукоемкой продукции и товаров последних стадий производственной цепочки, которая по стоимостному объему отличается от стоимости концентратов в сотни раз (см. рис. 2). Компании в этих странах могут ориентироваться на выпуск высокотехнологичной продукции: оксиды и индивидуальные РЗМ, постоянные магниты с разными механическими и магнитными свойствами, легированные сплавы, катализаторы, полирующие порошки, люминофоры, керамика и т.д.

В настоящее время стало очевидным, что устойчивыми экономиками могут быть только те, где компании в совокупности формируют всю производственную цепочку в рамках национальной редкоземельной промышленности (в том числе вертикально интегрированные компании): "от лопаты до наукоемкой продукции и товаров на основе РЗМ". Только так можно избежать влияния агрессивной ценовой политики Китая и произвести диверсификацию поставок. Особенно это актуально для легкой группы РЗМ, элементы которой находятся на мировом рынке в избытке, кроме ключевых элементов этой группы – неодима и празеодима (находится в недостатке). Подтверждением является то, что при падении цен на оксиды и индивидуальные РЗМ в 2010-2011 гг. цены на такие конечные наукоемкие продукты (неодимовые магниты, катализаторы, аккумуляторы и др.) оставались стабильными.

Л и т е р а т у р а

1. Thomas G. Goonan. Rare Earth Elements – End Use and Recyclability // The United States Geological Survey. URL: <https://pubs.usgs.gov/sir/2011/5094/pdf/sir2011-5094.pdf> (дата обращения 05.09.2015).
2. Быховский Л.З., Тигунов Л.П., Темнов А.В. Об определении понятий "редкие элементы" ("редкие металлы"): исторический и терминологический аспекты // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – 2015. – № 3. – С. 32-38.
3. Крюков В.А., Зубкова С.А. Реиндустриализация без своих РЗМ? // ЭКО. – 2016. – № 8. – С. 5-24.
4. The United States Geological Survey // Rare Earths Statistics and Information. URL: https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/rare_earths/index.html#mcs (дата обращения 01.02.2018).
5. ERECON (2015) Strengthening the European rare earths supply chain: Challenges and policy options. J. Kooroshy, G. Tiess, A. Tukker, and A. Walton (eds.). Электронный документ. URL: <https://ec.europa.eu/growth/>

sectors/raw-materials/specific-interest/erecon_en (дата обращения 30.09.2015).

6. Годовой отчет ОАО "Соликамский магниевый завод за 2014 год". URL: http://смз.рф/raport/2015/2014_annual_report_SMW.pdf (дата обращения 20.06.2016).

7. Jost Wübbecke. Rare earth elements in China: Policies and narratives of reinventing an industry // Resources Policy. – Vol. 38, Issue 3, September 2013. – P. 384-394. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030142071300041X?via%3Dihub#f0025> (дата обращения 22.08.2017).

8. The UNCTAD. Commodities at a glance: Special issue on rare earths. – 2014. – № 5. – P. 10. URL: http://unctad.org/en/PublicationsLibrary/suc2014d1_en.pdf (дата обращения 12.03.2017).

9. РИА Новости // Территориальный спор Японии и Китая может "взорвать" регион – эксперт. URL: <https://ria.ru/world/20120918/753260706.html> (дата обращения 15.01.2018).

10. Lynas Corporation LTD // Lynas is an integrated source of rare earths from mine to customer. URL: <https://www.lynascorp.com/Pages/Our-Company.aspx> (дата обращения 05.03.2018).

11. Группа "Акрон" // АО "Северо-Западная фосфорная компания". URL: https://www.acron.ru/about_group/business_geography/mining/szfk/ (дата обращения 15.02.2017).

12. Группа "Акрон" // Редкоземельные элементы. URL: https://www.acron.ru/products/rareearth_elements/ (дата обращения 12.04.2017).

13. Группа компаний "Скайград" // Комплексная безотходная технология переработки фосфогипса. URL: <https://skygrad.squarespace.com/fofsgogips/> (дата обращения 17.03.2017).

14. Технологические проблемы Томтора и их решение / Л.М. Делицын, Г.Б. Мелентьев, А.В. Толстов [и др.] // Редкие земли. – 2015. – № 2(5). – С. 164-179.

15. ПАО "ППГХО" // В Краснокаменске подписаны еще два инвестиционных соглашения. URL: <http://www.priargunsky.armz.ru/about/news/?id=594&p=2> (дата обращения 05.05.2016).

16. Компания "ТриАрк Майнинг" // О компании. URL: <http://threearc.ru/> (дата обращения 23.09.2016).

17. Asian Metal // AM Prices. URL: <http://www.asianmetal.com> (дата обращения 01.12.2018).

18. Темнов А.В., Азарнова Л.А. Роль редких металлов в ресурсном обеспечении стратегическими и критическими видами минерального сырья ведущих зарубежных стран // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – 2016. – № 1-2. – С. 100-106.

© Яценко В.А., Самсонов Н.Ю., Крюков Я.В., 6/2018
Яценко Виктор Анатольевич, yva@ieie.nsc.ru
Самсонов Николай Юрьевич, samsonov@ieie.nsc.ru
Крюков Яков Валерьевич, kryukovyv@ieie.nsc.ru

Features of the rare earth metals market

V.A. Yatsenko, N.Yu. Samsonov, Ya.V. Kryukov (Institute of Economics and Industrial Engineering SB RAS, Novosibirsk)

The present article analyzes the influence of China as a monopolist in the global rare earth market on production and consumption, supply chains and value added of science-intensive rare earth products. Russian projects of rare earth production are considered. One of the main theses is confirmed: that rare earth metals have become a global economic and political instrument.

Key words: rare earth elements; science intensive rare earth products; production; consumption; value added chain.