JEL: F02, F15, F16
УДК 339.9

DOI: [10.14530/se.2018.3.043-066](https://doi.org/10.14530/se.2018.3.043-066)

ГЛОБАЛЬНЫЕ ЦЕПОЧКИ ПОСТАВОК РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ И РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ КАК ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОГО СЫРЬЯ В РАМКАХ МЕЖДУНАРОДНОЙ КООПЕРАЦИИ

Н.Ю. Самсонов

Самсонов Николай Юрьевич – кандидат экономических наук, старший научный сотрудник. Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН, пр-т Академика Лаврентьева, 17, Новосибирск, Россия, 630090. E-mail: samsonov@ieie.nsc.ru. ORCID: 0000-0003-3343-9688

Аннотация. Статья освещает результаты системного анализа подходов США, Евросоюза и России к управлению глобальными цепочками поставок редкоземельных и редких металлов для высокотехнологичных секторов национальных экономик как фактору пространственного распределения эффектов международного сотрудничества. Применяемый метод исследования – качественный системный подход. Показано, что для Соединенных Штатов Америки управление глобальными цепочками поставок стратегических металлов и материалов находится в фокусе внимания в связи с тем, что они включены в downstream-процессы производства американской военно-промышленной продукции и высокотехнологичных потребительских товаров, тем самым предопределяя сохранение статус-кво национальной безопасности как фундаментального и экзистенциального фактора. Для Европейского союза регулирование цепочек поставок стратегических металлов с целью выпуска downstream-продукции осуществляется в первую очередь в связи с повышением энергетической эффективности экономики, ростом производительности и ресурсосбережения, распространением «зеленых» технологий. Для России практически не существует проблемы поставок редкоземельных и редких металлов из собственных источников в виде низкопереработанной продукции (карбонаты), однако отсутствие критической массы производств на уровнях middle-downstream не позволяет сбалансировать возрастающее предложение (10 тыс. т в год) и стабилизацию спроса на это сырье (до 2 тыс. т) со стороны национальной экономики. Предлагается набор целевых мер и инструментов институциональной и экономической политики, направленной на ускоренное формирование высокотехнологичного пласта экономики с целью расширения сфер и объемов внутреннего потребления металлов в условиях финансово-экономических и технологических ограничений прежде всего

© Самсонов Н.Ю., 2018

Статья подготовлена в соответствии с планом НИР ИЭОПП СО РАН Проект XI.174.1.2. (0325-2017-0006) «Принципиальные подходы к формированию взаимосвязей основных участников процессов освоения минерально-сырьевых ресурсов азиатской части России в условиях глобальных вызовов XXI века».

со стороны США, а также стран Евросоюза. Принципы экономической и научно-технической политики, заложенные в фундамент динамичного развития с использованием редкоземельных и редких металлов высокотехнологичной гражданской и военной промышленности США и Евросоюза, применимы и адаптивны для российских условий лишь частично, что связано с разными целями управления глобальными цепочками поставок сырья.

Ключевые слова: редкоземельные металлы, редкие металлы, высокотехнологичная промышленность, глобальные цепочки поставок, международное сотрудничество

Для цитирования: Самсонов Н.Ю. Глобальные цепочки поставок редкоземельных и редких металлов как высокотехнологичного сырья в рамках международной кооперации // Пространственная экономика. 2018. № 3. С. 43–66. DOI: [10.14530/se.2018.3.043-066](https://doi.org/10.14530/se.2018.3.043-066).

For citation: Samsonov N.Yu. Global Chains of Supply of Rare-Earth and Rare Metals as High-Tech Raw Materials Within the Framework of International Industrial Cooperation. *Prostranstvennaya Ekonomika = Spatial Economics*, 2018, no. 3, pp. 43–66. DOI: [10.14530/se.2018.3.043-066](https://doi.org/10.14530/se.2018.3.043-066). (In Russian).

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время редкоземельные металлы (РЗМ) и редкие металлы (РМ) привлекают все большее внимание в связи с тем, что они тесно интегрированы во множественные глобальные цепочки поставок (global supply chains) и технологические цепочки в экономиках развитых и развивающихся стран. Это позволяет производить высокотехнологичную продукцию с особыми качествами, свойствами и характеристиками в рамках национальных экономик ряда стран мира и (или) международной кооперации.

При этом индустрия редкоземельных металлов не рассматривается как стандартная и традиционная система «добыча – переработка – реализация», принятая для базовых металлов. Она регулируется набором специальных граничных условий и параметров, определяющих эффективность и реализацию любого проекта по добыче редкоземельных элементов (Barakos et al., 2016). И сам глобальный рынок редкоземельных металлов представляет собой сложную экономическую и даже геополитическую систему, состоящую из интересов, взаимосвязей, стимулов, стратегий и правовых условий для стран-потребителей и стран-поставщиков (Klossek, Kullik, 2016). Поэтому в основе парадигмы исследований глобальных цепочек поставок редкоземельных металлов находится взаимодействие субъектов (компаний и корпораций, стран и правительств) на различных этапах технологической цепочки: *upstream* – разведка и добыча, *middlestream* – переработка, *downstream* – высокотехнологичное производство (*рис. 1*) и управление глобальной цепочкой поставок (Bair, 2005; Machacek et al., 2017).

Рис. 1. Технологические уровни глобальной цепочки поставок редкоземельных и редких металлов

Источник: составлено автором.

Запасы и ресурсы РЗМ и РМ в мире значительны (Быховский, 2014; 2017), однако не все геолого-промышленные типы руд и не все месторождения являются рентабельными для разработки или содержат редкоземельные металлы как попутный продукт. Для Китая, главного поставщика РЗМ в мире, именно это определяет высокую природную ренту добычи и впоследствии существенную долю на *upstream*-этапе. В свою очередь, для получения из сырья оксидов или чистых редкоземельных металлов на уровне *midstream* необходимы специальные технологии обогащения и разделения коллективных карбонатов на индивидуальные оксиды. Но на этапе производства конечной продукции (*downstream*) владение технологиями, постоянная генерация новых разработок, а также диффузия инноваций являются важными факторами для замыкания цепочки поставок.

Стоит сказать, что некоторые источники предпочитают указывать, что РЗМ и РМ являются высокотехнологичными металлами, подчеркивая их инновационность и уникальность применения. Другие же поясняют, что РЗМ и РМ – это стратегические и критические металлы, тем самым подразумевают их незаменимость, важность в национальных экономиках и вместе с тем высокие риски зависимости и сбоя их поставок (Critical..., 2013). На специальных торговых площадках трейдеры называют редкоземельные и редкие металлы второстепенными, ориентируясь на значительно большие объемы торговых оборотов базовых металлов и непрозрачность рынка РЗМ.

Наиболее подробно геолого-экономические, экономические и институциональные аспекты разработки редкоземельных месторождений, технологий применения РЗМ и РМ в промышленности изложены в классических монографиях Б.И. Когана (Коган, 1961; 1978), а также в современных российских научных публикациях (Быховский, 2014; 2017; Самсонов и др., 2017а; 2017б; Кременецкий, Калиш, 2014; Толстов и др., 2017; Дегтерева, 2012; Крюков, Зубков, 2016) и других работах.

Вместе с тем в современных зарубежных исследованиях фокус внимания переместился с проблем обеспеченности в мире запасами редкоземельных металлов и связанных с этим научных областей исследований к:

- оценкам критичности дефицита стратегических полезных ископаемых и рисков «сбоя» или прекращения их поставок в экономику развитых стран (табл. 1);
- подходам взаимного влияния государства и частного сектора на обеспечение высокотехнологичным сырьем производственных циклов в национальных экономиках с учетом пространственного распределения эффектов международного сотрудничества;
- системному подходу к регулированию глобальных цепочек поставок редкоземельных элементов в условиях «балансовой проблемы».

Таблица 1

Оценка уровня критичности зависимости глобальной экономики от редкоземельных металлов

РЗМ	Уровень критичности / зависимости на глобальном рынке		Баланс на глобальном рынке	Среднегодовая добыча в мире, тыс. т	Среднегодовое потребление в мире, тыс. т
	2014	2017 (и оценка на ближайшее будущее)			
Лантан (La)	Нет критичности	Нет критичности	Процифит	35,146	31,495
Церий (Ce)	Нет критичности	Нет критичности	Процифит	51,43	45,525
Презеодим (Pr)	Нет критичности	Нет критичности	Баланс	6,5	4,945
Неодим (Nd)	Высокая	Наивысшая	Незначительный дефицит	22,391	19,925
Самарий (Sm)	Нет критичности	Нет критичности	Баланс	2,714	0,515
Европий (Eu)	Высокая	Нет критичности	Незначительный профицит	0,407	0,425
Гадолиний (Gd)	Нет критичности	Нет критичности	Баланс, ожидается незначительный профицит	2,307	1,02
Тербий (Tb)	Наивысшая	Высокая (тренд на стабилизацию критичности)	Баланс, ожидается незначительный профицит	0,407	0,29
Диспрозий (Dy)	Наивысшая	Высокая (тренд на повышение критичности)	Баланс	1,357	0,845
Гольмий (Ho)	Нет критичности	Нет критичности	Баланс	0,424	75*
Эрбий (Er)	Нет критичности	Нет критичности	Баланс	0,95	0,54
Тулий (Tm)				0,17	75*
Иттербий (Yb)				1,042	75*
Лютеций (Lu)	Нет критичности	Тренд на повышение критичности	Баланс, ожидается незначительный дефицит	0,163	75*
Иттрий (Y)	Высокая	Низкая критичность	Баланс, ожидается незначительный профицит	10,3	7,65
Скандий (Sc)	Нет критичности	Низкая критичность	Баланс, ожидается незначительный профицит	15	14

Примечание. * Суммарные данные для Ho, Tm, Lu, Yb.

Источник: составлено автором по: Binnemans et al., 2013; Binnemans et al., 2018.

Среди работ, отражающих результаты исследований этих научных проблем, прежде всего, необходимо выделить (Barakos et al., 2016; Binnemans et al., 2013; Binnemans et al., 2018; Klossek et al., 2016) и ряд других.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ И МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ

Стратегическое минеральное сырье, под которым в западном научном мире подразумевают неэнергетические ресурсы, имеет решающее значение для развития современной экономики. Многочисленные его виды (платина, кобальт, индий, осмий, теллур, вольфрам и другие редкие металлы, а также редкоземельные элементы), в конечном счете необходимы для улучшения качества жизни и безопасности в обществе и сейчас используются в производстве такой инновационной продукции, как (Erdmann, Graedel, 2011):

- современные экономичные, экологически чистые виды транспорта (гибридные автомобили, электромобили, сверхскоростные поезда на магнитной подушке и др.);
- альтернативные источники энергии (ветряные турбинные генераторы, солнечные батареи и накопители энергии);
- компоненты и конструкции авиационной и космической техники;
- весь спектр электроники и телекоммуникационной техники;
- современные и перспективные виды вооружения и техники в военно-промышленном комплексе США, Китая, России и других стран.

Также есть множество других «сетевых» сфер применения редкоземельных металлов, в том числе среднетехнологического уровня, потребляющих более трех четвертей объема металлов из глобальной цепочки поставок, – в металлургии, оптической и стекольной промышленности, в нефтехимии и системах очистки воды, атомной промышленности.

Общий спрос на конечную редкоземельную продукцию (оксиды и чистые металлы) по сравнению с другими промышленными (базовыми) металлами в мире относительно невелик, менее 150 тыс. т в год, но его динамика в среднем составляет 8–9% в год (*табл. 1*).

С конца XX в. волны нового технологического уклада, связанные с повышением эффективности производства и снижением его энерго- и материалоемкости, массированные инновации и свободные инвестиции на глобальных рынках капиталов (Глазьев, 2018), интернационализация производств и геополитическое соперничество правительств стран, обладающих монополией экономического влияния и монополией на сырьевые ресурсы – так называемый «ресурсный национализм» (Ковальчук, 2015; Koch, 2018), – изменили структуру поставок и спроса на редкоземельные металлы.

В результате следования концепции устойчивого развития и повышения уровня международного разделения труда глобальная цепочка создания стоимости для РЗМ-продуктов стала более сложной на этапах *upstream – midstream – downstream*. Теперь сразу несколько стран (компаний) могут участвовать в разработке и производстве высокотехнологичной продукции, но при этом производить самостоятельно все меньше, заказывать компоненты у субподрядчиков со всего мира и тем самым становиться зависимыми друг от друга. Так, кросс-стоимость выпускаемой в настоящее время в мире продукции, содержащей редкоземельные металлы, оценивается около 2–2,5 трлн долл. в год, что составляет почти 5% (!) в глобальном валовом национальном продукте (Tukker, 2014).

Следует сказать, что непосредственно в цепочке создания стоимости и поставок редкоземельных металлов неизбежно возникла «балансовая проблема» (Binnemans et al., 2013). Ее суть в том, что спектр редкоземельных металлов, соотношение их содержаний в добываемой руде (Толстов и др., 2017) не соответствуют структуре спроса. Это вызывает избыток одних РЗМ (легкая группа – лантан и церий, их весовая доля в концентрате обычно 75–80%), баланс других (празеодим, неодим, самарий, европий и др.) и дефицит РЗМ тяжелой группы (эрбий, тербий, гадолиний, скандий, иттрий). Образуется дифференциация цен, и складывается ситуация, при которой дефицитные металлы торгуются по сверхвысокой цене (500–2000 долл. за килограмм сверхчистого металла – туллия, скандия, лютеция), а продажа металлов легкой группы осуществляется по цене, зачастую ниже себестоимости (2–2,5 долл. за килограмм лантана и церия). Дорогостоящие металлы в значительной мере компенсируют убытки от «дешевых» в редкоземельной «корзине» компаний, работающих на уровнях *upstream-midstream* (Binnemans et al., 2018).

Проблема неразрывности поставок редкоземельных металлов и производственных цепочек в экономиках развитых и развивающихся стран приобретает еще большую актуальность при доминировании Китая в глобальной цепочке поставок РЗМ: 85–90% мирового предложения РЗМ и 66–70% потребления всех редкоземельных элементов его внутренней экономикой (Ragotzke et al., 2017). Сегодня это вызывает в правительственных кругах ряда стран, финансово-промышленных корпорациях и параллельно в научном мире острое обсуждение возможностей нивелирования зависимости от импорта РЗМ и форм регулирования их поставок.

Другими словами, во главу угла поставлен вопрос формирования подходов и действий государств и частного сектора с целью управления структурой глобальных цепочек поставок редкоземельных металлов. Субъектами таких подходов в разных ролях являются США («Потребитель»), страны

ЕС («Потребитель»), Китай («Потребитель – поставщик») и Россия («Потребитель – поставщик»). Другие страны, участвующие в глобальной цепочке РЗМ: Япония («Потребитель»), Канада («Потребитель – поставщик»), Австралия («Поставщик»), – в той или иной мере повторяют политику и следуют в русле своего главного торгового партнера и стратегического союзника – США.

Целью статьи является системный анализ подходов США, Евросоюза и России к управлению глобальными цепочками поставок редкоземельных и редких металлов для высокотехнологичного сектора национальных экономик. Применяемый метод исследования – качественный системный подход, использованные источники – современная отечественная и зарубежная литература (научные публикации и монографии), официальные источники, государственные и корпоративные научно-технологические стратегии, отчеты и доклады по сырьевой политике, статистика.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Соединенные Штаты Америки. В США проблема обеспечения национальной промышленности редкоземельными металлами находится под пристальным вниманием различных правительственных министерств, служб и органов, а также ряда комитетов Конгресса, частных и государственных исследовательских организаций, крупных корпораций и военных концернов, частных инновационных и венчурных компаний (Дегтерева, 2012b).

Проблема зависимости от критических полезных ископаемых приобрела для США острый характер лишь в течение последних восьми лет. Поскольку РЗМ в объеме 12–15 тыс. т (оксиды, металлы и соединения) в год в настоящее время поставляются в США из Китая и Эстонии (получение металлов из редкоземельных концентратов, производимых в России), американская промышленность сегодня в значительной мере зависима от импорта редкоземельных и редких металлов.

Изданные в 2010–2012 гг. законы и акты под общим грифом «О контроле над цепочками поставок РЗМ» лишь постулировали проблему, камуфлировали ее, не изменяя положение дел в лучшую сторону. То, что не сделал президент Обама, сделал президент Трамп – в 2017 г. им подписан указ о подготовке стратегии по сокращению зависимости США от стратегически важных полезных ископаемых, импортируемых для нужд американской экономики, в том числе редкоземельных металлов (Executive..., 2017).

Стремление американских властей к регулированию цепочек поставок РЗМ для внутренней экономики вполне закономерно. Результаты моделиро-

вания в системе оценки экономического влияния и последствий на основе экономической статистики (IMPLAN) показывают, что в количественном измерении (данные для 2013 г.) РЗМ-технологический цикл затрагивает 550 тыс. рабочих мест внутри страны, образует более 300 млрд долл. кросс-доходов по всей stream-цепочке и 35 млрд долл. фонда оплаты труда ежегодно (Norman et al., 2014).

Стремление к «зеленой» экономике и ресурсосбережению, росту качества и комфорта жизни людей, дух новаторства и философии будущего, трансформированные через новые материалы и технологии в коммерческие продукты, уже становятся привычной реальностью в США. В американской промышленности редкоземельные металлы интегрированы, в частности, в энергосиловые установки и электронные компоненты для Tesla Model 3 RWD Long Range, линейки электро- (BEV) и гибридных (PHEV) машин Ford и Chevrolet (по данным ev-volume.com, в США в 2017 г. продано свыше 200 тыс. BEV-PHEV машин, годовой прирост – 27%). В портфеле американской продуктовой высокотехнологической цепочки – высокоэффективные солнечные батареи и объединяемые с ними накопители энергии для частных домовладений, ракетная техника многоразового использования.

С учетом планов американского правительства по возвращению методом «кнута и пряника» индустриальных площадок в США (Trump..., 2017), новой волны роста национальной экономики за счет внутренних резервов и агрессивной внешнеторговой политики, потребности в редкоземельных металлах для американской индустрии будут нарастать.

Особо выделяется важность сохранения статус-кво национальной безопасности США, основа которой – военный потенциал, его развитие и усиление. Президент НИЦ «Курчатовский институт» М.В. Ковальчук в этой связи отмечает, что «лидерство определяется технологическим превосходством при поддержке военной силы, военная колонизация сменилась технологическим порабощением, и под эту колонизацию подпадают развитые страны» (Ковальчук, 2015).

Редкоземельные элементы тесно интегрированы в конструкции, технологии, приборы, оборудование, средства поражения и вооружение авиационной, сухопутной и морской техники вооруженных сил США. Новый класс эсминцев Zumwalt, перспективные атомные подводные лодки класса Columbia и глубокая модернизация подлодок класса Ohio, современные многоцелевые атомные авианосцы серии Gerald R. Ford, истребители пятого поколения F-35 Lighting II, стратегические стелс-бомбардировщики B2 Spirit (предстоит их модификация), перспективные дальние бомбардировщики B21 Raider, прототипы и образцы лазерного оружия, оптические

и радиоэлектронные системы разведки и наблюдения, системы противоракетной обороны, «умные» бомбы, ракеты и торпеды и другие средства поражения, гиперзвуковые ракеты проектируются, производятся и комплектуются с применением практически всего спектра редкоземельных и редких элементов на различных уровнях технологических процессов.

В то же время часть военных и авиакосмических технологий и материалов перетекают в промышленную и потребительскую среду, трансформируются под новые условия и возможности применения. Они становятся объектами инвестиций для частного сектора, проникают в новые товары и услуги и тем самым формируют новый технологический облик, придают экономике динамику.

В этих направлениях «диффузии инноваций» – военном, индустриальном и социально-потребительском – роль частных и государственных американских военно-промышленных концернов, таких как Raytheon, Boeing, Northrop Grumman, General Dynamic, General Atomics-Aeronautical Systems Incorporated, Rolls-Royce Corporation, Pratt & Whitney, Lockheed Martin, United Technologies, Huntington Ingalls Industries и множества других, оказывается несоизмерима высока. В течение нескольких десятилетий они представляют по сути альянс монополистического ядра военной промышленности США (плюс атомной и авиакосмической) с элитой государственного аппарата. Военно-промышленные корпорации аккумулировали влияние, компетенции и силу управления технологическими цепочками и целыми промышленными кластерами, финансированием и кредитованием, управленческим и инженерным образованием, распределением федеральных военных заказов (Федорович и др., 2010). Как отмечает Л.В. Панкова, «сегодня технологическое развитие встроено в стратегическую культуру американского военного ведомства и продолжает выстраиваться при неуклонно широкой общественной поддержке миссий национальной безопасности» (Панкова, 2017).

Между тем наблюдается и обратная тенденция – интенсивные исследования и разработки, взаимосвязанные глобальные инновации и технологические сети приводят к тому, что и коммерческие технологии диффузируют в военно-техническую область. Некоторые военные ведомства США (NRO, DLA-SM, DAPRA) открыто приглашают венчурные компании и частных лиц к научно-техническому сотрудничеству и финансированию работ широкой инновационной тематики. Также можно оценить суммарные R&DT-расходы шести крупных американских технологических корпораций – они сопоставимы с расходами на R&DT со стороны US Department of Defence (74,5 млрд долл.) и на порядок выше R&DT-затрат European Defence Agency (рис. 2).

Рис. 2. Расходы на R&DT некоторых глобальных высокотехнологичных корпораций в сравнении с расходами на R&DT в рамках DoD и EDA-27, 2017 г., млрд. долл.

Источник: составлено автором.

Рост потребления редкоземельных и редких металлов военной индустрией США будет связан со следующими факторами:

- новой волной увеличения федерального военного бюджета (с 611 млрд долл. до 719 млрд долл. в 2019 г.), не менее 37,5% которого направляется на закупку, проектирование и строительство новых и перспективных видов вооружений;
- заключенными и ожидаемыми контрактами на поставку техники, ракетных и противоракетных систем и вооружения странам Ближнего Востока и странам – членам НАТО;
- упорядочиванием системы снабжения стратегическим сырьем и материалами в цепочках поставок (табл. 2).

Европейский союз. Совершенно иная структура стимулов развития цепочек поставок РЗМ-продукции в Европейском союзе. В странах ЕС, имеющих сильные высокотехнологичные сектора, редкоземельные и редкие металлы рассматриваются прежде всего с точки зрения:

- роста энергетической эффективности экономики и увеличения объемов использования возобновляемых источников энергии;
- ресурсосбережения и повышения производительности в экономике;
- распространения энергосберегающих «зеленых» технологий (Report..., 2014).

Эмоциональный градус в вопросах поддержки и финансирования научно-исследовательских и технологических процессов в европейском военно-промышленном комплексе за счет укрепления цепочки поставок

РЗМ значительно ниже, чем в США. Тем не менее, как в США, так и в ЕС регулярно (каждые три года) оценивают критичность поставок материалов и сырья, с 2011 г. составляются списки критических материалов, которые включают в себя редкоземельные элементы. И в Европейском союзе ситуация с обеспеченностью этим видом сырья более напряженная, чем в США. Невоенной индустрии ЕС приходится импортировать большинство стратегических металлов, поскольку их внутреннее производство минимальное или отсутствует. По таким, например, как сурьма, кобальт, молибден, ниобий, платина, тантал, титан, ванадий, редкоземельные металлы, зависимость от импорта составляет 100% (Дегтерева, 2012a; Critical..., 2013).

Добыча редких земель из руды в Европе не ведется, при этом наиболее перспективные месторождения редкоземельных металлов в Швеции (Norrå Kärn) и Гренландии (Kvanefjeld) имеют достаточно качественные руды и значительные запасы. С другой стороны, мощностей по разделению недостаточно, то есть цепочка поставок РЗМ из собственных месторождений обрывается на этапе *midstream*, а потенциальная добыча минерального сырья подпадает под действие жестких экологических директив ЕС, что снижает их инвестиционную привлекательность.

Направления регулирования цепочки поставок РЗМ для европейской экономики рассматриваются с позиций сохранения окружающей среды и формирования «зеленой» экономики и сводятся к:

- рециклингу редкоземельных металлов;
- замене РЗМ на иные материалы или смене технологий на другие эффективные технологии, не требующие РЗМ (Recovery..., 2015; Strengthening..., 2015).

Сегодня промышленность ЕС получает от рециклинга менее 1% от потребностей в редких землях (Raw..., 2014), но изменить ситуацию на практике оказывается не так просто. Тем не менее следует принимать во внимание политику рециклинга, замены РЗМ на иные материалы и промышленного редизайна продукции и регламентации для «контроля» за содержанием в ней ценных компонентов для дальнейшей переработки. Вероятно, в будущем такие технологические подходы будут доминировать, по крайней мере в европейской индустрии.

Так, для производства сверхсильных магнитов или люминофоров замена таких металлов, как неодим, европий и иттрий, функционально невозможна или сверхзатратна, в то время как литий-ионные аккумуляторные батареи или специальные сплавы (алюминиевые, магниевые) технически и экономически могут вытеснять редкоземельные металлы. Интересен пример – в фюзеляже самого современного в мире граждан-

ского американского самолета Boeing-787 Dreamliner, вследствие проектных работ на основе концепции жизненного цикла, содержится 50% композитных материалов, 15% титана, 10% стали (в основном системы шасси), 5% других металлов и материалов и только 20% алюминия (Hale, 2018).

Ожидается, что в Евросоюзе спрос на редкоземельные металлы будет расти по мере того, как потребительские предпочтения будут стремиться к высокотехнологичным продуктам, «зеленым» технологиям и услугам. Европейский авиаконцерн Airbus работает над гибридно-электрическими двигателями для коммерческих самолетов и компактных воздушных судов для городских и субгородских перелетов. Крупнейшие автоконцерны уже приняли концепцию гибридных автомобилей и электромобилей как основу для будущего европейского авторынka. Европейская комиссия и отдельные правительства европейских стран активно поддерживают переход на экологически чистые виды транспорта, стимулируют рост интереса со стороны потребителей в ЕС. Сегодня спрос на BEV-PHEV автомобили в Европе уступает только китайскому рынку (в 2017 г. продано 308 тыс. штук, рост 39%).

Военно-промышленный комплекс ЕС оценивается в одну десятую от американского потенциала, и в целом специфическая военная политика ЕС следует в русле альянса НАТО, в высокой степени зависима от закупок вооружений и техники из США (Иванов, 2006; Дегтерева, 2013). Собственно Европейская технологическая и оборонная база (EDTIB) во многом опирается на иерархическую систему – от верхнего уровня «системных интеграторов», в финальной и в значительной мере сборочной части процесса, до нижеследующих уровней «контакторов», которые самостоятельно производят конкретные приборы, детали и оборудование, конструкционные элементы, технологические «прекурсоры», в том числе на основе редкоземельных и редких металлов, или закупают их на внутреннем или международном рынке. Таким образом, напрямую EDTIB практически не сталкивается с проблемой дефицита или критичности поставок металлов, но с другой стороны, косвенно полностью зависит от них.

Все это предопределяет разумную европейскую политику «бесконфликтности» и «экономической дипломатии» в вопросах зависимости от поставок РЗМ, редких металлов, базовых металлов, металлов платиновой группы из других стран, в том числе из России. В целом европейские страны тратят менее 0,5% общего валового внутреннего продукта на высокотехнологичное сырье, несмотря на то, что возможности, которые дает высокотехнологичное производство на основе РЗМ, могут придать евроэкономике новую динамику (Raw..., 2014).

Россия. Для России вопрос регулирования цепочек поставок тесно связан с государственной политикой обеспечения редкоземельными и редкими металлами высокотехнологичных этажей промышленности и военно-промышленного комплекса. Рост добычи редкоземельного сырья из собственных минеральных источников не представляет проблемы – минерально-сырьевая база, расположенная в том числе и в Сибири и на Дальнем Востоке, обширная, месторождения РЗМ и РМ подготовлены, большинство из них высокого качества (Ловозерское, Томторское, Чуктуконское, Катугинское и др.) (Кременецкий, Калиш, 2014). В этом смысле в России проблемы критичности поставок редкоземельных металлов из собственных источников не существует.

Однако уже на уровне *midstream* внутренняя технологическая цепочка обрывается, сейчас этот уровень значительно ограничен размерами производственных мощностей, тем не менее ситуация меняется. Введена экспериментальная линия на предприятии «ЛИТ» (ГК «Скайград»), здесь же подготавливается вторая очередь с общей мощностью до 1 тыс. т по переработке концентрата до оксидов. Соликамский магниевый завод в 2019 г. откроет производство по переработке карбонатов редкоземельных металлов (сейчас переработка лопаритового концентрата и получение карбонатов и оксидов смешанных РЗЭ – до 3,6 тыс. т в пересчете на оксиды); проектируются комплексы: в Республике Саха (Якутия) – по переработке руд месторождения Томтор, в Забайкальском крае – по переработке редкоземельной руды с получением карбонатов и оксидов смешанных редкоземельных элементов мощностью 150 тыс. т в год (Самсонов, Крюков, 2017).

Важнейшая проблема развития технологических цепочек и поставок редкоземельных металлов – это низкий уровень их конечного потребления в промышленности страны. В Министерстве промышленности и торговли РФ он оценивается в пределах 1,0–1,1 т в год. Причина такого разрыва – между потенциальными возможностями сырьевой базы и текущим использованием в национальной экономике – заключается в низкой интенсивности роста не только высокотехнологичных отраслей, специализирующихся на использовании особых редких элементов (иттрий, неодим, европий, самарий, диспрозий), но даже и стандартных технологичных производств, потребляющих РЗМ «легкой» группы в сравнительно больших объемах (оптика и стекольная промышленность, автокатализаторы и катализаторы для нефтехимии, NiMh-аккумуляторы, полириты и т. д.) (Самсонов и др., 2017b). При этом спрос во внутренней экономике страны не только низкий, но и сильно фрагментированный по отраслям, потребителям, поставщикам и самим редким элементам.

Другими словами, у нас недостаточно критической массы промышлен-

ных производств на уровне *downstream*, в том числе в рамках отечественных предприятий, имеющих связь с военно-промышленными задачами и выполнением государственного оборонного заказа. Сейчас и в ближайшем будущем практически невозможно сбалансировать дополнительные поставки редкоземельных металлов из собственных месторождений и *midstream*-мощностей (дополнительно 10–12 тыс. т редкоземельных оксидов в год) и их внутреннее потребление на уровне *downstream* (потенциала основных потребителей РЗМ, предприятий в составе ГК «Ростехнологии», вероятно, будет недостаточно). В результате еще сильнее обостряется опасность одностороннего владения технологиями производства конечной *downstream*-продукции вне нашей страны.

Вряд ли России следует ставить целью достижение мирового лидерства в рамках полной технологической РЗМ-цепочки и глобальных цепочек поставок. Это невозможно по множеству причин – от действующих и будущих экономических и финансовых санкций и рестрикций экспорта технологий из зарубежных стран, ограниченных государственных и частных бюджетов на НИОКР и инвестирования в заводы до низких стартовых условий для российской высокотехнологичной промышленности и опережающих темпов роста инновационной экономики в США, Европе, Японии, Китае, Республике Корея.

В этом случае должна быть поставлена вполне достижимая цель – создание максимально возможного пласта средне- и высокотехнологичной промышленности, которая разрабатывает и выпускает современную *downstream*-продукцию с применением РЗМ и РМ для внутреннего рынка, военно-промышленного комплекса и на экспорт.

Нельзя не сказать о том, что в рамках концепции диверсификации экономики действуют Китай (глобальная инициатива One Belt, One Road и программа Made in China), Германия (The New High-Tech Strategy Innovations for Germany: 2020 и Germany: Industrie 4.0), схожие программы существуют в Нидерландах, Великобритании, Франции, США, Канаде.

Если разделить вопрос государственного управления глобальными цепочками поставок РЗМ и вопрос регулирования спроса на них и их предложения, то достичь поставленную для нашей страны цель возможно, заимствовав некоторые меры и инструменты, характерные для политики США и Евросоюза (табл. 2):

- экономическое стимулирование создания частным сектором (в том числе с иностранным участием, прежде всего из Китая, участников альянса БРИКС) критической массы диверсифицированных производств высокотехнологичной продукции уровня *middle*- и *downstream* (десятки новых заводов, цехов и линий);

- создание одной-двух новых «особых экономических зон высокотехнологического типа» (индустриальные зоны, парки высоких технологий и др.) для их территориальной локализации в центральной части страны, в Сибири (Дальнем Востоке) или расширение портфеля приоритетных направлений в действующих экономических зонах или индустриальных парках;
- стимулирование к выполнению массированных корпоративных RD&T и государственных НИОКР в области применения РЗМ в технологиях и продукции, в первую очередь уровня downstream;
- активная политика по привлечению компаний, прежде всего из стран АТР, БРИКС, а также европейских государств, к технологическим альянсам, совместным компаниям и расширению call-связей, к инвестированию и софинансированию в создание компаний-резидентов (в наиболее благоприятных условиях по отношению к глобальным цепочкам поставок редкоземельных и редких металлов), с обязательствами по подготовке кадров, созданию целевых лабораторий в российских вузах и научных центрах, трансферу технологий;
- создание и интеграция в глобальные цепочки поставок нового экспортного направления: концентраты и коллективные карбонаты → оксиды индивидуальных металлов → чистые металлы и сплавы.

Таблица 2

**Сравнительные инструменты и меры экономической
и научно-технологической политики по обеспечению национальных экономик США,
ЕС, России редкоземельными и редкими металлами**

Страна	Цель	Инструменты и меры экономической политики	Инструменты и меры научно-технологической политики
1	2	3	4
Евро-союз	Минимизация рисков снижения или прекращения поставок РЗМ (компонентов, содержащих РЗМ) для нужд промышленности и ВПК	<ul style="list-style-type: none"> • Повышение энергетической эффективности экономики • Поддержание доступности РЗМ для производственных конструкторов для цепочки европейского ВПК • Повышение производительности в экономике и ресурсосбережения • Распространение энергосберегающих «зеленых» технологий в обществе 	<p>Укрепление научно-исследовательской базы и базы знаний путем финансирования исследований, образования и международного научного сотрудничества:</p> <ul style="list-style-type: none"> • геология РЗМ • специальные технологии получения РЗМ из первичного и вторичного сырья • специальные технологии производства сверхсильных магнитов • развитие технологий для увеличения потребления избыточных металлов

1	2	3	4
США	Повышение национальной безопасности (рост индустриального производства, обеспечение РЗМ технологических процессов военно-промышленного комплекса)	<ul style="list-style-type: none"> Поиск новых источников критических минеральных ресурсов Использование американских инвестиций и торговых отношений с партнерами и союзниками Повышение активности на всех уровнях цепочек поставок Получение частным сектором доступа к цифровым данным о новейших геологических и геофизических данных Упрощение процедур аренды в отношении участков недр, получения разрешительной документации на разведку и добычу, переработку ресурсов, а также рециркуляцию полезных ископаемых Государственные и частные резервные закупки 	<ul style="list-style-type: none"> Выполнение R&D на этапе <i>midstream</i>-технологии разделения и получения чистых и сверхчистых РЗМ Участие в технологической цепочке уровня <i>downstream</i> для нужд военно-промышленного комплекса США только американских компаний и их продукции, а также из числа союзников и торговых партнеров Поставка РЗМ-сырья и полупродуктов только от американских компаний, а также из числа союзников и торговых партнеров Комплексная инициатива по рециркуляции РЗМ (CRI) Выполнение R&D по разработке функциональных материалов-заменителей РЗМ на этапе <i>downstream</i> Ограничение экспорта (введение торговых пошлин и тарифов на сырье, от импорта которого зависит Китай) Ограничение импорта РЗМ (введение торговых пошлин и тарифов на РЗМ для снижения зависимости от китайских РЗМ и оживления национальной РЗМ-промышленности) Накопление запасов в резервах DoD, NDS Формирование буферного запаса РЗМ частным сектором через государственные контракты
Россия	Ускоренное формирование высокотехнологичного пласта экономики	<ul style="list-style-type: none"> Поддержка формирования консолидированной технологической цепочки <i>upstream – midstream – downstream</i> Поставки отечественных РЗМ для нужд ВПК Создание нового экспортного продуктового направления в рамках каждого уровня технологической цепочки 	<ul style="list-style-type: none"> Разработка, освоение и адаптация ключевых технологий производства редких и редкоземельных металлов полного цикла Создание производств полного технологического цикла при полном обеспечении потребностей создаваемых конечных производств по всей номенклатуре редких и редкоземельных металлов

1	2	3	4
Россия	Ускоренное формирование высоко-технологичного пласта экономики	<ul style="list-style-type: none"> • Расширение круга партнеров по сотрудничеству в области добычи и производства РЗМ (ШОС-АТР, БРИКС) • Создание особых экономических зон высокотехнологичного типа 	<ul style="list-style-type: none"> • Создание условий для ввода в эксплуатацию месторождений редких и редкоземельных металлов и комплексного освоения месторождений редких и редкоземельных металлов, а также техногенных объектов с целью сырьевого обеспечения промышленных производств полного цикла • Переоценка запасов, подготовка новых запасов редких и редкоземельных металлов с целью обеспечения создаваемых промышленных производств сырьем редких и редкоземельных металлов на долгосрочный период

Источник: составлено автором.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В публикации представлены результаты научной систематизации и анализ подходов США, стран Евросоюза и России к формированию и управлению глобальными цепочками поставок редкоземельных и редких металлов. Пространственное распределение эффектов международного сотрудничества включает в себя зависимость высокотехнологичных секторов национальных экономик этих стран от целей и особенности проводимой или предполагаемой ими экономической и научно-технологической политики.

Соединенные Штаты Америки фокусируют внимание на управлении глобальными цепочками поставок стратегических металлов и материалов в связи с тем, что они включены в downstream-процессы выпуска современной военно-промышленной продукции, высокотехнологичных потребительских товаров с учетом перспективных направлений разработок, прямой и обратной диффузии инноваций в военный и гражданский сектора. С точки зрения правительственных органов США, этим в значительной мере предопределяется сохранение статус-кво национальной безопасности страны как фундаментального и даже экзистенциального фактора.

Для стран Европейского союза регулирование цепочек поставок стратегических металлов необходимо в первую очередь благодаря принципам европейской экономической и научно-технологической политики, направленной на повышение энергетической эффективности экономики, рост ее производительности и ресурсосбережения, широкое распространение «зеленых» технологий.

Для России практически не существует сложностей с поставками редкоземельных и редких металлов из собственных источников в виде низкопередельной продукции (редкоземельные карбонаты). Но острый вопрос, который следует решать уже сегодня, состоит в отсутствии необходимой массы производств (заводов, технологических линий) как на уровне *midstream*, так и на уровне *downstream*. Имеющаяся структура внутренней технологической цепочки (а точнее, ее фрагментарность, разрывность) не позволит в ближайшем будущем сбалансировать возрастающее предложение (10 тыс. т в год) и стабилизацию спроса на редкоземельное (до 2 тыс. т) и редкометалльное сырье со стороны национальной экономики. В то же время материал, предложенный в этой статье, показывает, что принципы экономической и научно-технологической политики, заложенные в основу продолжающегося динамичного развития с использованием редкоземельных и редких металлов высокотехнологичной промышленности США и стран Евросоюза, применимы для нашей страны лишь частично, что связано с разными целями управления глобальными цепочками поставок сырья. Разработан комплексный набор целевых мер и инструментов институциональной, экономической и научно-технологической политики, направленной на ускоренное формирование высокотехнологичного пласта экономики с целью расширения сфер и объемов внутреннего потребления редкоземельного сырья в условиях финансово-экономических и технологических ограничений прежде всего со стороны США, а также стран Евросоюза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Быховский Л.З. Реальные, потенциальные и перспективные источники редкоземельного сырья в России // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2014. № 4. С. 2–8.
- Быховский Л.З., Архипова Н.А. Рудная база стратегических редких металлов России: состояние, перспективы освоения и развития // Горный журнал. 2017. № 7. С. 4–10.
- Глазьев С.Ю. Периодическая смена мирохозяйственных укладов в организации глобальной экономики // Арригиевские чтения по теме: «Формирование новой парадигмы экономического мышления XXI века»: мат-лы междунар. науч.-практ. конф. (21–23 марта, 2018, г. Орел). Орел: Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева, 2018. С. 32–50.
- Дегтерева Е.А. ЕС: хватит ли стратегического сырья для конкурентного развития? // Современная Европа. 2012а. № 3. С. 93–101.
- Дегтерева Е.А. Механизмы превентивного реагирования США на угрозы национальной безопасности (на примере поставок редкоземельных металлов) // Вестник Военного университета. 2012b. № 1 (29). С. 122–127.
- Дегтерева Е.А. Особенности промышленной консолидации в военно-промышленном комплексе США и оборонном секторе Европейского союза // Вестник Концерна ПВО «Алмаз-Антей». 2013. № 1 (9). С. 6–12.

- Иванов И.Д. Военно-промышленный комплекс Европейского союза // Современная Европа. 2006. № 1. С. 31–48.
- Ковальчук М.В. Выступление на заседании Совета Федерации от 30 сентября 2015 г. URL: <http://www.council.gov.ru/events/news/59290> (дата обращения: июль 2018).
- Коган Б.И. Редкие металлы. Прошлое, настоящее, будущее. М.: Наука, 1978. 347 с.
- Коган Б.И. Экономические очерки по редким землям. М.: Изд-во Академии наук СССР, 1961. 440 с.
- Кременецкий А.А., Калиш Е.А. Комплексные редкометалльные месторождения России и основные направления повышения их инвестиционной привлекательности // Разведка и охрана недр. 2014. № 9. С. 3–11.
- Крюков В.А., Зубкова С.А. Реиндустриализация без своих РЗМ? // ЭКО. 2016. № 8. С. 5–24.
- Панкова Л.В. Эволюция оборонных НИОКР США: объемы и структура финансирования // Вооружение и экономика. 2017. № 5. С. 57–64.
- Самсонов Н.Ю., Крюков Я.В., Яценко В.А. О возможности участия капитала стран АТР в горнорудных проектах российского Дальнего Востока и Забайкалья // Проблемы Дальнего Востока. 2017а. № 1. С. 85–92.
- Самсонов Н.Ю., Крюков Я.В., Яценко В.А. Стимулирование спроса на российские редкоземельные металлы: позиции науки, государства и бизнеса // ЭКО. 2017б. № 11. С. 101–108.
- Толстов А.В., Похиленко Н.П., Самсонов Н.Ю. Новые возможности получения редкоземельных элементов из единого арктического сырьевого источника // Журнал Сибирского федерального университета. Химия. 2017. Т. 10. № 1. С. 125–138.
- Федорович В.А., Патрон А.П., Заварухин В.П. США: федеральная контрактная система и экономика: механизм регулирования государственного хозяйствования. М.: Наука, 2010. 1055 с.
- Bair J. Global Capitalism and Commodity Chains: Looking Back, Going Forward // Competition & Change. 2005. Vol. 9. Issue 2. Pp. 153–180. DOI: 10.1179/102452905X45382.
- Barakos G., Mischo H., Gutzmer J. Legislation; Challenges and Policy Strategies: In Search for a Regulatory Framework for Sustainable Development in the Rare Earths Mining Industry. Preprint 16-048. Arizona, 2016. 6 p. URL: https://www.researchgate.net/publication/303307480_Legislation_Challenges_Policy_Strategies_In_Search_for_a_Regulatory_Framework_for_Sustainable_Development_in_the_Rare_Earths_Industry (дата обращения: май 2018).
- Binnemans K., Jones P.T., van Acker K., Mishra B., Apelian D. Rare-Earth Economics: The Balance Problem // JOM. 2013. Vol. 65. Issue 7. Pp. 846–848. DOI: 10.1007/s11837-013-0639-7.
- Binnemans K., Jones P.T., Müller T. Rare Earths and the Balance Problem: How to Deal with Changing Markets? // Metall. 2018. Vol. 4. Issue 1. Pp. 126–146. DOI: 10.1007/s40831-018-0162-8.
- Critical Raw Materials for the EU: Report of the Ad-hoc Working Group on Defining Critical Raw Materials / European Commission. 2010. 85 p. URL: https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/eip-raw-materials/en/system/files/ged/79%20report-b_en.pdf (дата обращения: май 2018).
- Claudiu C.P., Evangelos T. Raw Materials in the European Defence Industry / European Commission. 2016. 126 p. URL: https://setis.ec.europa.eu/sites/default/files/reports/raw_materials_in_the_european_defence_industry.pdf (дата обращения: май 2018).
- Erdmann L., Graedel T.E. Criticality of Non-Fuel Minerals: A Review of Major Approaches and Analyses // Environmental Science & Technology. 2011. Vol. 45. Issue 18. Pp. 7620–7630. DOI: 10.1021/es200563g.
- Executive Order by White House. A Federal Strategy to Ensure Secure and Reliable Supplies

- of Critical Minerals. URL: https://www.doi.gov/sites/doi.gov/files/uploads/2017_minerals.eo_.pdf (дата обращения: май 2018).
- Hale J. Boeing 787 from the Ground Up / Boeing. 2018. Pp. 17–23. URL: https://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/articles/qtr_4_06/AERO_Q406_article4.pdf (дата обращения: май 2018).
- Klossek P., Kullik J., van den Boogaart K.G. A Systemic Approach to the Problems of the Rare Earth Market // *Resources Policy*. 2016. Vol. 50. Pp. 131–140. DOI: 10.1016/j.resourpol.2016.09.005.
- Koch N., Perreault T. Resource Nationalism // *Progress in Human Geography*. June 2018. Pp. 1–21. DOI: 10.1177/0309132518781497.
- Machacek E., Richter J.L., Lane R. Governance and Risk-Value Constructions in Closing Loops of Rare Earth Elements in Global Value Chains // *Resources*. 2017. Vol. 6. Issue 4. DOI: 10.3390/resources6040059.
- Norman A., Zou X., Barnett J. Critical Minerals: Rare Earths and the U.S. Economy / NCPA. Backgrounder. No. 175. 2014. September. 15 p.
- Rare Earths. Global Industry, Markets & Outlook 2017 / Roskill. 2017. 396 p.
- Raw Materials of Strategic Economic Importance for High-Tech Made in Germany / BMBF; FONA. 2014. 64 p. URL: https://www.fona.de/mediathek/pdf/Strategische_Rohstoffe_EN.pdf (дата обращения: май 2018).
- Report on Critical Raw Materials for the EU / European Commission. 2014. May. 41 p.
- Recovery of Rare Earths from Electronic Wastes: An Opportunity for High-Tech SMEs / Directorate General for Internal Policies Policy. 2015. February. 44 p. URL: [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2015/518777/IPOL_STU\(2015\)518777_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2015/518777/IPOL_STU(2015)518777_EN.pdf) (дата обращения: май 2018).
- Strengthening the European Rare Earths Supply-Chain. Challenges and Policy Options / ERECON. 2015. 104 p. URL: https://reinhardbuetikofer.eu/wp-content/uploads/2015/03/ERECON_Report_v05.pdf (дата обращения: май 2018).
- Swanson A. Trump Says Making Products in the U.S. is 'Gonna be Cheaper'. *Economists Disagree* // *Washington Post*. 2017. January, 24.
- Tukker A. Rare Earth Elements Supply Restrictions: Market Failures, Not Scarcity, Hamper Their Current Use in High-Tech Applications // *Environmental Science & Technology*. 2014. Vol. 48. Issue 17. Pp. 9973–9974. DOI: 10.1021/es503548f.

GLOBAL CHAINS OF SUPPLY OF RARE-EARTH AND RARE METALS AS HIGH-TECH RAW MATERIALS WITHIN THE FRAMEWORK OF INTERNATIONAL INDUSTRIAL COOPERATION

N.Yu. Samsonov

Nikolay Yurevich Samsonov – Candidate of Economics, Senior Researcher. Institute of Economics and Industrial Engineering of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 17 Prospect Akademika Lavrentieva, Novosibirsk, Russia, 630090. E-mail: samsonov@ieie.nsc.ru.
ORCID: 0000-0003-3343-9688

The article was made as part of the Institute of Economics and Industrial Engineering of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences plan, Project XI.174.1.2. (0325-2017-0006) 'Principal approaches to formation of relationship between main participants of development of raw mineral resources in the Asian part of Russia under conditions of global challenges of the XXI century'.

Abstract. The article highlights the results of a systematic analysis of the US, EU and Russia approaches to managing global supply chains of rare-earth and rare metals for high-tech sectors of national economies as a factor of spatial distribution of the international cooperation effects. The applied research method is a qualitative system approach. It is shown that for the US the management of global supply chains of strategic metals and materials is in the focus of attention due to the fact that they are included in the downstream processes of the production of American military-industrial products and high-tech consumer goods, thereby predetermining the preservation of the status quo of the national security as a fundamental and existential factor. For the European Union, the regulation of supply chains of strategic metals for the purpose of producing downstream products is carried out primarily in connection with the increase of energy efficiency of the economy, growth of productivity and resource saving, the spread of «green» technologies. For Russia, there is practically no problem of supplying rare-earth and rare metals from its own sources in the form of low-grade products (carbonates), but the absence of critical mass of production at the middle-downstream levels does not allow balancing the growing supply (10 thousand tons per year) and stabilizing demand for raw materials (up to 2 thousand tons) from the national economy. A set of targeted measures and instruments of institutional and economic policy aimed at accelerating the formation of a high-tech layer of the economy is proposed with a view to expanding the areas and volumes of domestic consumption of metals in the face of financial, economic and technological constraints, primarily by the United States and the European Union. The principles of economic, scientific and technical policy laid down in the foundation of dynamic development with the use of rare-earth and rare metals of the high-tech civil and military industry of the USA and the European Union are applicable and adapt only partially for the Russian conditions, which is connected with different goals of managing global supply chains of raw materials.

Keywords: rare earth metals, rare metals, high-tech industry, global supply chains, international cooperation, Russia, USA, European Union

REFERENCES

- Bykhovsky L.Z. Existing, Potential and Promising Sources of Rare Earth Minerals in Russia. *Mineralnye Resursy Rossii. Ekonomika i Upravlenie = Mineral Resources of Russia. Economics and Management*, 2014, no. 4, pp. 2–8. (In Russian).
- Bykhovsky L.Z., Arkhipova N.A. Strategic Rare Metal Supply in Russia: Current State and Future Prospects. *Gornyi Zhurnal = Mining Journal*, 2017, no. 7, pp. 4–10. (In Russian).
- Glazev S.Yu. Periodical Change of World Economic Structures in the Organization of the Global Economy. *Arrighi's Readings on the Topic: 'Formation of a New Paradigm of Economic Thinking of the XXI Century': Materials of the International Scientific and Practical Conference (21–23 March, 2018, Orel)*. Orel, 2018, pp. 32–50. (In Russian).
- Degteriyova E.A. EU: Is the Present Supply of Strategic Raw Materials Enough for Competitive Development? *Sovremennaya Evropa = Contemporary Europe*, 2012a, no. 3, pp. 93–101. (In Russian).
- Degteriyova E.A. Mechanisms of Preventive Response of the USA to Threats to National Security (on the Example of Supply of Rare Earth Metals). *Vestnik Voennogo Universiteta [Bulletin of the Military University]*, 2012b, no. 1 (29), pp. 122–127. (In Russian).
- Degteriyova E.A. Features of Industry Consolidation in the Military-Industrial Complex of the United States and the Defense Sector of the European Union. *Vestnik Koncherna PVO 'Almaz-Antey' [Bulletin of the 'Almaz-Antey' Air and Space Defence Corporation]*, 2013, no. 1 (9), pp. 6–12. (In Russian).

- Ivanov I.D. Military-Industrial Complex of the European Union. *Sovremennaya Evropa = Contemporary Europe*, 2006, no. 1, pp. 31–48. (In Russian).
- Kovalchuk M.V. *Speech at the Federation Council Meeting of September 30, 2015*. Available at: <http://www.council.gov.ru/events/news/59290> (accessed July 2018). (In Russian).
- Kogan B.I. *Rare Metal. Past, Present, Future*. Moscow, 1978, 347 p. (In Russian).
- Kogan B.I. *Economic Essays on Rare Earths*. Moscow, 1961, 440 p. (In Russian).
- Kremenetskiy A.A., Kalish E.A. Complex Rare Metal Deposits of Russia and Major Lines of Increasing their Investment Attractiveness. *Razvedka i Okhrana Nedr = Prospect and Protection of Mineral Resources*, 2014, no. 9, pp. 3–11. (In Russian).
- Kryukov V.A., Zubkova S.A. // *EKO = ECO*, 2016, no. 8, pp. 5–24. (In Russian).
- Pankova L.V. Evolution of the USA Defense Research and Development: Amount and Structure of Financing. *Vooruzhenie i Ekonomika = Armament and Economics*, 2017, no. 5, pp. 57–64. (In Russian).
- Samsonov N.Yu., Kruykov Ya.V., Yachenko V.A. On Possibility of Participation of the Capital of the APR Countries in Mining Projects of the Russian Far East and Transbaikalia. *Problemy Dalnego Vostoka = Far Eastern Affairs*, 2017a, no. 1, pp. 85–92. (In Russian).
- Samsonov N.Yu., Kruykov Ya.V., Yachenko V.A. Stimulating Demand for Russian Rare-Earth Metals: The Positions of Science, Government and Business. *EKO = ECO*, 2017b, no. 11, pp. 101–108. (In Russian).
- Tolstov A.I., Pokhilenko N.P., Samsonov N.Yu. New Opportunities for Producing Rare Earth Elements One of the Arctic Raw Material Source. *Zhurnal Sibirskogo Federal'nogo Universiteta. Himiya = Journal of Siberian Federal University. Chemistry*, 2017, vol. 10, no. 1, pp. 125–138. (In Russian).
- Fedorovich V.A., Patron A.P., Zavarukhin V.P. *USA. Federal Contract System and Economy: Mechanism of Regulation of State Economy*. Moscow, 2010, 1055 p. (In Russian).
- Bair J. Global Capitalism and Commodity Chains: Looking Back, Going Forward. *Competition & Change*, 2005, vol. 9, issue 2, pp. 153–180. DOI: 10.1179/102452905X45382.
- Barakos G., Mischo H., Gutzmer J. *Legislation; Challenges and Policy Strategies: In Search for a Regulatory Framework for Sustainable Development in the Rare Earths Mining Industry. Preprint 16-048*. Arizona, 2016, 6 p. Available at: https://www.researchgate.net/publication/303307480_Legislation_Challenges_Policy_Strategies_In_Search_for_a_Regulatory_Framework_for_Sustainable_Development_in_the_Rare_Earths_Industry (accessed May 2018).
- Binnemans K., Jones P.T., van Acker K., Mishra B., Apelian D. Rare-Earth Economics: The Balance Problem. *JOM*, 2013, vol. 65, issue 7, pp. 846–848. DOI: 10.1007/s11837-013-0639-7.
- Binnemans K., Jones P.T., Müller T. Rare Earths and the Balance Problem: How to Deal with Changing Markets? *Metall*, 2018, vol. 4, issue 1, pp. 126–146. DOI: 10.1007/s40831-018-0162-8.
- Critical Raw Materials for the EU: Report of the Ad-hoc Working Group on Defining Critical Raw Materials*. European Commission, 2010, 85 p. Available at: https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/eip-raw-materials/en/system/files/ged/79%20report-b_en.pdf (accessed May 2018).
- Claudiu C.P., Evangelos T. *Raw Materials in the European Defence Industry*. European Commission, 2016, 126 p. Available at: https://setis.ec.europa.eu/sites/default/files/reports/raw_materials_in_the_european_defence_industry.pdf (accessed May 2018).
- Erdmann L., Graedel T.E. Criticality of Non-Fuel Minerals: A Review of Major Approaches

- and Analyses. *Environmental Science & Technology*, 2011, vol. 45, issue 18, pp. 7620–7630. DOI: 10.1021/es200563g.
- Executive Order by White House. A Federal Strategy to Ensure Secure and Reliable Supplies of Critical Minerals*. Available at: <https://www.doi.gov/sites/doi.gov/files/uploads/2017minerals.eo.pdf> (accessed May 2018).
- Hale J. *Boeing 787 from the Ground Up*. Boeing, 2018, pp. 17–23. Available: https://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/articles/qtr_4_06/AERO_Q406_article4.pdf (accessed May 2018).
- Klossek P., Kullik J., Geraldvan den Boogaart K. A Systemic Approach to the Problems of the Rare Earth Market. *Resources Policy*, 2016, vol. 50, pp. 131–140. DOI: 10.1016/j.resourpol.2016.09.005.
- Koch N., Perreault T. Resource Nationalism. *Progress in Human Geography*, June 2018, pp. 1–21. DOI: 10.1177/0309132518781497.
- Machacek E., Richter J.L., Lane R. Governance and Risk-Value Constructions in Closing Loops of Rare Earth Elements in Global Value Chains. *Resources*, 2017, vol. 6, issue 4. DOI: 10.3390/resources6040059.
- Norman A., Zou X., Barnett J. *Critical Minerals: Rare Earths and the U.S. Economy*. NCPA. Backgrounder, no. 175, 2014, September, 15 p.
- Rare Earths. Global Industry, Markets & Outlook 2017*. Roskill, 2017, 396 p.
- Raw Materials of Strategic Economic Importance for High-Tech Made in Germany*. BMBF; FONA, 2014, 64 p. Available at: https://www.fona.de/mediathek/pdf/Strategische_Rohstoffe_EN.pdf (accessed May 2018).
- Report on Critical Raw Materials for the EU*. European Commission, 2014, May, 41 p.
- Recovery of Rare Earths from Electronic Wastes: An Opportunity for High-Tech SMEs*. Directorate General for Internal Policies Policy, 2015, February, 44 p. Available at: [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2015/518777/IPOL_STU\(2015\)518777_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2015/518777/IPOL_STU(2015)518777_EN.pdf) (accessed May 2018).
- Strengthening the European Rare Earths Supply-Chain. Challenges and Policy Options*. ERECON. 2015, 104 p. Available at: https://reinhardbuetikofer.eu/wp-content/uploads/2015/03/ERECON_Report_v05.pdf (ccessed May 2018).
- Swanson A. Trump Says Making Products in the U.S. is ‘Gonna be Cheaper’. *Economists Disagree*. *Washington Post*, 2017, January, 24.
- Tukker A. Rare Earth Elements Supply Restrictions: Market Failures, Not Scarcity, Hamper Their Current Use in High-Tech Applications. *Environmental Science & Technology*, 2014, vol. 48, issue 17, pp. 9973–9974. DOI: 10.1021/es503548f.