

Ю.Г. Глущенко, Д.И. Белов, А.В. Нечаев.

## РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ: ОПЫТ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЙ ПОЛУЧЕНИЯ, ВНЕДРЕНИЕ И ИХ АППАРАТУРНОЕ ОФОРМЛЕНИЕ.

С точки зрения развития прорывных технологий, сегодня в мире нет более широко обсуждаемой темы, чем производство и потребление редкоземельных элементов. Ценовой бум на РЗЭ, организованный Китаем в 2010 году затронул практически все сферы производства, где они находят применение. Ведущие страны мира обеспокоены состоянием своих отраслей экономики – от производства товаров народного потребления до выпуска высокотехнологичных изделий в энергетике, оптике, системах связи, медицине, военной технике и др.

Применение редкоземельных элементов в основных сферах производства выглядит следующим образом:

- в энергетике - добавки в урановое топливо, ветровая энергетика, катализаторы крекинга нефти – это лантан(La), церий(Ce), неодим(Nd), диспрозий(Dy), эрбий(Er);
- в космической промышленности – конструкционные материалы – иттрий(Y), церий(Ce), празеодим(Pr), лантан(La), неодим(Nd);
- лазеры и оптоэлектроника – церий(Ce), гадолиний(Gd), эрбий(Er), неодим(Nd), диспрозий(Dy), гольмий(Ho), тулий(Tm), лютеций(Lu), иттрий(Y);
- автопром – автокатализаторы, аккумуляторы, двигатели гибридных автомобилей – лантан(La), церий(Ce), неодим(Nd), диспрозий(Dy), эрбий(Er);
- электроника – микрочипы, дисплеи – лантан(La), церий(Ce), празеодим(Pr), неодим(Nd), самарий(Sm), европий(Eu), гадолиний(Gd), тербий(Tb), гольмий(Ho), иттрий(Y) – находят применение практически вся линейка РЗЭ;
- оборонные отрасли промышленности – радары, системы наведения, навигационные системы, реактивные двигатели, облицовка кумулятивных зарядов, электроприводы управления оперением ракет – практически все РЗЭ и их соединения.

Чем характеризуется положение дел в сфере РЗЭ в настоящее время, каковы особенности современного положения дел в этой отрасли?

Прежде всего, следует отметить тот факт, что редкие земли по темпам потребления опережают другие металлы. Связано это с двумя главными причинами:

- во-первых, регулярно появляются новые сферы применения РЗМ. Например, существенно возросло использование РЗМ для производства оптоволокна и устройств памяти, а также изготовления аккумуляторов и топливных элементов. Компоненты на

основе РЗМ могут стать ключевыми инструментами экологизации промышленности и потребительских товаров. Одно из самых перспективных направлений использования РЗМ - в расширяющемся производстве электромобилей. Еще одна инновационная тема — использование редких земель в производстве солнечных батарей;

- во-вторых, содержащие РЗМ продукты, производятся во всё больших количествах.

Характерной чертой нынешнего положения производства и потребления РЗМ состоит в расширении круга компаний, которые занимаются производством РЗМ. После того как с 2002 года была приостановлена добыча «редкоземов» на Маунтин-Пасс (Калифорния) и других месторождениях в США, монополистом в отрасли добычи РЗМ стала КНР. Это повлекло за собой 20-кратный рост цен на элементы. При этом еще буквально 2 – 3 года назад производственная цепочка «добыча + обогащение РЗМ > первичная переработка с получением смеси РЗМ > сепарация с получением индивидуальных элементов + производство синтезированных соединений» — была монополизирована и около 95% производства в первых двух – трех звеньях (добыча – обогащение – во многом получение индивидуальных РЗЭ – а с 2000-х годов начала поставляться продукция с использованием РЗМ) сосредоточено в одном государстве — Китае. Там действуют более 200 редкоземельных предприятий. В том числе более 30 рудников, более 10 обогатительных фабрик[1]. И это не считая мелких предприятий, которые участвуют в серых схемах производства и реализации продукции.

Сегодня ситуация несколько изменилась. Начиная с 2011 года, когда КНР ввела квоты на РЗМ, что вызвало резкий скачок цен, США, Япония, Южная Корея, страны ЕС – все встали перед необходимостью создания стратегических запасов РЗМ и развития собственного производства.

В процесс производства РЗМ включилась австралийская компания Lynas на месторождении Маунт Уэлд. Производит в основном РЗЭ легкой группы. Производство запущено в 2011 году. В 2012 году производство концентрата составило 4 тыс. тонн. В 2013 оно составило 11 тыс. тонн, а в 2014 году должно достигнуть 22 тыс. тонн. Концентрат перерабатывается не на месте, а везется в Малайзию.

Кроме Lynas, в процесс включилась американская компания Molycorp на месторождении Маунтин Пасс. В свое время, в 2002 году, США прекратили производство на этом месторождении из-за экологических проблем, а также из-за того, что китайские РЗЭ были дешевле. Возобновили производство в 2011 году. Производство в третьем квартале 2013 года - 3 260т, что на 19% больше 2-го квартала. Проектная мощность – около 40 тысяч тонн РЗЭ в год.

Следующая характерная особенность состояния производства и потребления РЗМ также связана с Китаем. Дело в том, что китайские власти в управлении многими производственными цепочками переносят акцент на развитие верхних этажей — наукоемких и с высокой добавленной стоимостью. Предложение сырья и полуфабрикатов на экспорт при этом ограничивается, а внутри страны вводятся более жесткие стандарты, отсекающие наименее эффективных производителей и примитивные технологии. Это даже не столько давно продуманная стратегия, сколько естественное и логичное русло развития китайской экономики, где труд ценится все дороже и где все сильнее проявляются ресурсные, транспортные и экологические ограничения. Китай уже создал цепочки «РЗЭ – магниты», «РЗЭ – стиральные машины», «РЗЭ – электроника» и целый ряд других. В них не только добываются и разделяются концентраты РЗЭ. Создаются новые соединения, которые с успехом используются от производства бытовой техники до современных средств связи и телекоммуникаций и до использования в космической отрасли.

Важнейшей характерной чертой современного этапа производства и потребления РЗЭ является смещение центра тяжести в сторону среднетяжелой группы РЗЭ с появлением избытка легкой группы. Сегодня в РЗЭ бизнесе выиграют те, кто, имея гарантированное снабжение сырьём тяжёлых, сумеет создать эффективную (экстракционную) схему их разделения. Общемировое производство средне-тяжёлых сейчас составляет около 15 000 т/г. Всё в основном в Китае, Лайнес и Моликорп вместе менее 2 тыс. тонн [2]. Иттрий среди них составляет 60%. Анализируя источники РЗЭ и экологическую ситуацию в Китае, можно сделать вывод о том, что в Китае нет сегодня новых перспективных с экономической и экологической точки зрения источников тяжёлых РЗ (Тб, Dy, Y) даже для обеспечения собственных краткосрочных (и мировых текущих) потребностей. И это не потому, что их ионно-адсорбционные глины уже вышли из игры, а потому, что нынешние ужесточения в природоохранном и законодательном регулировании с закрытием нелегальной добычи примитивными способами и переключении с экспорта на внутреннее потребление сильно понизили уровень производства.

Если бы китайцы не организовали систему рециклинга из отходов промышленности и вышедшей из употребления техники, они бы уже сейчас испытывали дефицит тяжёлых РЗ. Только легальный рецикл по диспрозию и тербию дает, соответственно, 500 и 200т/г. [3]. Это очень значительные цифры в масштабах мирового производства. Следовательно, Китай в ближайшее время будет активно заниматься получением доступа к некитайским среднетяжелым. А поскольку вывоз технологий из Китая проблематичен в силу специфики государственного управления, будут не строиться предприятия по китайским технологиям в других странах, а скупаться концентраты среднетяжелой группы для дальнейшего

разделения на имеющихся мощностях. Кроме всего прочего, это снимет остроту возникших в нынешнем Китае проблем охраны окружающей среды и здоровья населения. В Южном Китае существуют 38 экстракционных установок общей производительностью до 60 000 т по разделению в т.ч. и тяжёлых.

Мировые аналитики (Дж. Лифтон, Кингснорт и др.), дают ожидающиеся на 2020г. цифры общего производства РЗЭ 240-280 тыс. т, при этом половину из них составит не находящийся полного сбыта церий. Поэтому реальные цифры потребления составят несколько больше половины заявленных цифр. Сегодня не объём запасов и даже не общее содержание в руде суммы РЗЭ, а содержание в ней «критических» элементов – в основном среднетяжелой группы, определяет жизнеспособность проектов. Шансы производителей лёгких минимальны. Должно пройти несколько лет, чтобы промышленность нашла новые сферы их применения. Если такие сферы не найдутся, то к 2020 году будет производиться только «лишнего» церия около 100 тысяч тонн. В этом тоже особенность современного этапа производства и потребления редкоземов.

Характерной чертой современного развития редкоземельной промышленности является совершенствование технологий его производства. В этом процессе можно выделить два основных подхода.

Первый принадлежит компании Ucore, разработчик – Intellimet Ltd. Основан на улавливании РЗЭ из растворов не традиционными ионообменными смолами, а с помощью функциональных групп, привитых к трёхмерным полимерным сеткам в межчастичном пространстве.

Второй – физическое разделение концентратов. В феврале 2014 года было сообщение о том, что канадская горнодобывающая компания Géoméga Resources Inc. в партнерстве с немецкой FFE Service GmbH запатентовали и продолжают разрабатывать технологию физического разделения концентрата редкоземельных металлов, в качестве альтернативы китайскому методу экстракции растворителем. [4].

Испытания подтвердили, что физическое разделение концентрата редкоземельных элементов (РЗЭ) на индивидуальные соединения позволяет резко сократить и оптимизировать затраты по сравнению с традиционными методами извлечения РЗЭ (дробное осаждение, ионный обмен, экстракция растворителем).

Также испытания подтвердили, что все три извлекаемых РЗЭ (европий, иттербий и лантан) разделены с помощью электрофореза в свободном потоке (free flow electrophoresis, FFE) одновременно. В процессе очистки концентрата и физического разделения не применяются органические растворители, что вдобавок к сокращению эксплуатационных расходов смягчает экологические риски.

В последние годы идет не только процесс вовлечения в производство РЗЭ новых предприятий по типу Лайнес или Моликорп. Идет активная разведка новых месторождений с вовлечением их в производство в ближайшее время. Среди них, одно на территории КНДР, другое в Тихом океане у побережья Японии.

По информации «The Tokyo Times», Япония обнаружила поистине «астрономические» залежи редкоземельных металлов: целое месторождение, расположенное, правда, на глубине от 2 до 4 км от поверхности океанического дна к юго-востоку от Токио. Ясухиро Като, возглавляющий команду учёных из Токийского университета, заявил, что запасов руды на дне достаточно, чтобы обеспечить потребление Японией редкоземельных металлов, по меньшей мере, на 200 лет[5].

Профессор Ясухиро Като уточняет, что залежи редкоземельных металлов, обнаруженные на дне Тихого океана, более чем в сто раз превосходят объём всех разведанных редкоземельных элементов на Земле. Он также сообщил, что геологоразведка будет продолжаться около двух лет, а затем начнётся производство утверждение запасов, постановка на баланс, торги, разработка технологии добычи и обогащения, предпроект, разнообразные экспертизы, проект, разработка и создание оборудования для добычи в море, создание инфраструктуры – не менее 5-7 лет.

Японские исследователи указывают, что концентрация РЗЭ в руде месторождения в 20-30 раз выше, чем в китайских шахтах, месторождение содержит более 6 млн. тонн руды. В настоящее время японцы заняты поиском экономичного способа добычи.

В декабре 2013 года было объявлено об открытии нового редкоземельного месторождения в Северной Корее (район Чонджу).

Британская компания SRE Minerals Ltd заключила договор с государственной северокорейской компанией Korea Natural Resources Trading Corporation сроком на 25 лет о совместной разработке месторождения. В перспективных планах — строительство перерабатывающего завода недалеко от Пхеньяна. Реализацией проекта будет заниматься совместное предприятие Pacific Century Rare Earth Minerals Ltd (PCL), зарегистрированное на Британских Виргинских островах.

По предварительным оценкам, общее количество редкоземельных оксидов (РЗО) в районе Чонджу достигает 216,2 млн т. [6]. В основном это окислы легких редкоземов, 2,66% от общей массы составляют более ценные тяжелые РЗЭ.

Ведущий разработчик проекта, доктор Луи Шурманн из австралийского Университета горного дела и металлургии, уверен, что Чонджу — крупнейшее известное месторождение РЗЭ в мире. Теоретически запасы редкоземов на северокорейском руднике вдвое больше, чем разведанные запасы самого крупного известного источника РЗЭ –

магнетит-редкоземельного месторождения Баян-Обо у города Баотоу на северо-востоке Китая, во Внутренней Монголии.

Общая потенциальная стоимость запасов северокорейского Чонджу оценивается в 6 триллионов долларов США. Отметим, что сейчас РЗЭ-отрасль считается наиболее динамично развивающимся сектором мировой экономики. Емкость международного рынка РЗМ оценивается в 4 триллиона долларов США.

Такова характеристика и особенности современного этапа производства и потребления РЗЭ. Однако картина была бы неполной без учета положения дел с РЗЭ в России.

Официальная ситуация известна [7]. 30 января 2013 года Д. Медведевым подписано распоряжение Правительства РФ № 91-Р, которое включает подпрограмму по РЗЭ - «Развитие промышленности редких и редкоземельных металлов».

Не вдаваясь в подробности, отметим, что программа включает 2 этапа:

- 1 этап: 2013-2016 годы;

- 2 этап: 2017-2020 годы.

Общий объем финансирования первого этапа Подпрограммы на 2013 – 2016 годы в ценах соответствующих лет 72 400 211,00 тыс. рублей. В том числе средств федерального бюджета – 7 973 211,00 тыс. рублей, из них на 2013 год - 1 000 000,00 тыс. рублей.

Господдержка редкоземельной промышленности характерна не только для России. В Китае редкоземельная промышленность имеет широкую государственную поддержку. Создан ряд государственных редкоземельных организаций и комитетов, которые занимаются регулированием процессов в этой отрасли. Действуют специальные координационные центры, занимающиеся проблемами в области РЗМ. Они направляют деятельность предприятий, занимающихся добычей, производством конечной продукции. Среди них Rare Earth Office of the Metallurgical Industrial Bureau Responsibilities, Rare Earth Office of the State Nonferrous Metals Industrial Bureau. Кроме того, существуют координационные центры, связанные с областями конкретных применений этих металлов. В их числе Coordination Net of Rare Earth Application in Catalysis, National Rare Earth Permanent Magnet Coordination Net. В области геологии и технологий разделения, а также изучения свойств РЗМ, направлений их применения работают несколько десятков научно-исследовательских институтов и центров.

Этот же процесс характерен и для других стран. Зарубежный подход к решению проблем производства РЗМ характеризуется высоким долевым участием государства в финансировании соответствующих Программ. Госфинансирование в Канаде – 38-40%, в США – 50-70%, в Японии – 75-80% [8]. В России государственное финансирование по

первому этапу Подпрограммы – чуть более 10%. Восстановление роли государства в финансировании работ по возрождению производства РЗМ и создания инновационных продуктов на их основе – настоятельная необходимость в силу его стратегической значимости.

Программа предусматривает разработку технологий и строительство предприятий в рамках программы по трем составным частям:

- разработка технологий извлечения концентратов РЗ и РЗМ из различных сырьевых источников и их разделения;

- разработка технологий получения чистых и высокочистых индивидуальных редких и редкоземельных металлов и их соединений;

- разработка технологий получения материалов и высокотехнологичной продукции нового поколения на основе и с применением редких и редкоземельных металлов, в т.ч.:

- а) в металлургии;

- б) в производстве магнитов, в т.ч. тонкопленочных;

- в) в производстве катализаторов для автомобильной промышленности;

- г) в производстве фотолюминофоров, оптоэлектронных приборов, дисплейных органических светодиодов красного, зелёного и синего цветов свечения, керамического композиционного материала на основе тугоплавких соединений редких и редкоземельных металлов и др.

В результате выполнения программы должны быть созданы промышленные производства полного технологического цикла (от добычи сырья до производства конечной РМ- и РЗМ-содержащей продукции), при полном обеспечении потребностей создаваемых конечных производств по всей номенклатуре РЗМ;

Опыт Китая в развитии РЗМ-промышленности, показывает, что они шли по точно такому же алгоритму действий: в 70-ые годы Китай, в основном, экспортировал концентраты минералов, в 80-ые годы - химические соединения смешанных РЗМ. В начале 90-х годов экспортировались разделённые РЗМ (оксиды и металлы), в конце 90-х годов - переработанные РЗМ (люминофоры, магниты), а в 2000-ые годы - изделия на основе редкоземельных материалов (телевизоры, компьютеры, электрические моторы). Алгоритм такой же, но только отставание России оценивается примерно в 30 – 40 лет. Технологий нет, кадров нет, предприятий нет. Все надо начинать практически с нуля. США прекратили производство на Маунтин Пасс в 2002 году. Прошло 10 лет – и правительственный доклад констатирует: «Мы потеряли все свои мощности по технологической цепочке, включая интеллектуальные». [9]. Если в Соединенных Штатах имеются трудности с квалифицированными инженерами – то, что говорить о России.

Тем не менее, замысел очень хороший. Лучше поздно, чем никогда. Государство не только выделяет средства на научные разработки, но и предусматривает для предприятий-участников программы компенсации процентных ставок при получении кредитов. В конце января 2014 года Правительство РФ утвердило размер субсидии в сумме более 730 млн. рублей на срок до 2016 года, т.е. на первый этап выполнения программы. [10].

Будем надеяться на то, что данная программа заработает и на выходе мы получим современную промышленность, не только производящую РЗЭ, но и в полной мере использующую их в производстве товаров народного потребления, современных средств коммуникаций, научных приборах, современном оружии, наконец.

Далее. По сути, мы должны признать, что в России рынок РЗМ как таковой отсутствует. При этом, большинство российских компаний, имеющих промышленные активы, не только не способны понять, зачем им РЗМ (нет ясного и привычного для них рынка потребления), но они и не могут себе позволить на данный момент инвестиции в разработку новых полезных ископаемых, создание новых продуктов и рынков, т.к. сейчас они поставлены перед необходимостью обновления капитальных фондов, доставшимся им в порядке приватизации и обеспечивающих производство традиционных продуктов.

Сложившуюся ситуацию в ближайшее время вряд ли удастся переломить не только потому, что необходимо обновление капитальных фондов. Существуют и другие проблемы, в частности:

- традиционно выпускаемая нашей промышленностью продукция не нуждается в ощутимых количествах РЗМ. Магнитная промышленность и производство искусственного каучука, использующие неодим, это капля в море, более того, это один элемент из 17. Отсутствует объективная потребность в РЗЭ;

- ниша применения РЗМ сложна, затратна, во многом связана с экологическими проблемами (известно, что РЗЭ всегда соседствует с ураном и торием, для них надо строить специальные хранилища). Где взять деньги для развития столь рискованного бизнеса? Какой банк их даст в необходимых количествах, подо что и кому?;

- бизнес в России тяготеет к сложившимся производствам и рынкам сбыта, стимулы к созданию новых продуктов и рынков практически отсутствуют.

Исходя из этого, можно с уверенностью сказать, что большинство российских частных компаний сейчас нельзя рассматривать как потенциальных инвесторов в новые масштабные проекты. Да, есть примеры создания опытно-промышленных производств по получению РЗЭ в ФосАгро и Акроне, но это всего 200 тонн в год на нижнем этаже.

Остается, на наш взгляд, два основных пути:



- привлечь к производству РЗЭ, выпуску продукции с использованием соединений РЗЭ иностранных инвесторов. Финансовое и технологическое партнерство, трансфер технологий могли бы стать хорошей стартовой площадкой для создания верхних этажей использования РЗМ, формировании нового вектора инновационного развития современных типов продуктов;

- значительно, на порядок, усилить в этой сфере роль государства в лице своих институтов, прежде всего банковской системы.

Могут ли иностранные инвесторы выступить партнерами?

В последние десятилетия основной центр тяжести мировой экономики смещается в Азию. Это сегодня общепризнанный факт. По данным экономического департамента ООН суммарный объем сбережений стран Азии (КНР, Япония, Южная Корея и Индия) составляет 6 трлн долларов США. [11].

Именно этот факт вызвал инвестиционный бум в страны Африки, Центральной Азии и Латинской Америки. Общие суммы инвестиций превышают 300 млрд долларов США! [12]. Россия, являясь одним из ключевых игроков в этой зоне, могла бы с успехом воспользоваться своими возможностями и преимуществами для привлечения инвестиций из этого региона для своего развития, в т.ч. в сфере РЗЭ. Однако в реальности наша страна стоит в стороне от этой направленности инвестиционного бума. Почему так получилось?

Основных причин несколько. Они давно известны. О них неоднократно говорилось на различных форумах и деловых встречах, однако положение дел не меняется. В число часто упоминаемых причин входят, прежде всего, неповоротливый механизм государственного регулирования, сложная и запутанная процедура валютного контроля, частое изменение системы налогообложения, коррупция и др. Именно это останавливает потенциальных инвесторов.

Безусловно, что иностранных инвесторов надо использовать, ведь редкие земли сейчас крайне дороги и продолжают дорожать. Поставки полуфабрикатов оказавшимся в сложном положении развитым странам могли бы стать хорошей стартовой площадкой для создания у нас верхних этажей редкоземельной цепочки на основе трансфера технологий и создания производств инновационных товаров. Это могут быть не только компании из США и Европы, которые традиционно воспринимаются Россией как желаемые партнеры, но и сильнейшие страны АТР, прежде всего Япония, Южная Корея, Индия, возможно КНР.

Наша страна остается крайне привлекательной, предоставляющей рискнувшим инвесторам неограниченные возможности. Россия очень богата не только своими природными ресурсами, но, что еще более привлекательно – в нашей стране много торговых ниш, свободных от конкуренции. В России наперечет действительно

сформировавшиеся отрасли и рынки, представляющие собой, конкурентно заполненные ниши. Таким образом, основываясь на опыте, полученном в соответствующих отраслях своих стран, иностранные инвесторы, глядя на нашу страну, могли бы заняться освоением неосвоенных рынков. Это ли не стимул для работы?

Тем не менее, наиболее заинтересованным игроком, а значит главным инвестором, должно выступить само российское государство. Это обусловлено в первую очередь стратегической направленностью рынка РЗМ, а также необходимостью формирования нового вектора инновационного развития промышленности. При этом не обойтись без финансового и технологического партнерства с ведущими промышленными компаниями из развитых экономик мира.

## **2. Основные источники РЗЭ в России и Белоруссии.**

Россия находится на втором месте по объему запасов и ресурсов РЗМ. Государственным балансом Российской Федерации учтено шестнадцать месторождений РЗМ. Значительные их запасы, позволяют рассматривать минерально-сырьевую базу России в качестве перспективного направления для долгосрочного развития проектов в области комплексной добычи и переработки РЗМ.

По объему прогнозных ресурсов и содержанию редкоземельных металлов месторождения на территории РФ являются объектами мирового масштаба.

Российский внутривосточный потенциал развития природных месторождений РЗМ сконцентрирован в следующих направлениях:

- Томторское месторождение - уникально высокие содержания РЗМ (13%) и ниобия (7%). Прогнозный ресурсный потенциал превышает суммарный мировой объем разведанных запасов. Препятствием к немедленной реализации является отсутствие коммуникаций и инфраструктуры;

- Чукотское месторождение - по содержанию РЗМ (7,3%) находится на уровне мировых лидеров, есть перспективы существенного прироста запасов по результатам геологоразведки. Месторождение требует доразведки и формирования соответствующей инфраструктуры;

- Также доразведки требует Павловское месторождение (район г. Уссурийска), которое уникально рекордно низкими показателями содержания радиоактивных изотопов, а значит и отсутствием проблемы разделения изотопов тория/урана и их дальнейшего захоронения/использования.

- Ловозерский ГОК – (в минерале лопарит 30% РЗМ) стабильно функционирующее добывающее производство, которое при наличии инвестиционных вложений может двукратно увеличить объем производства РЗМ-содержащих рудных концентратов. Компания находится в частном владении (5й собственник с 2000 года), что негативно сказывается как объемах производства, так и текущем состоянии основных фондов. Требуется реализация масштабной программы модернизации.

Самая значительная доля запасов РЗМ от суммы учтенных государственным балансом (~ 60%) связана с апатитовыми рудами Хибинской группы. Несмотря на незначительное содержание РЗМ (~ 1%), но учитывая масштабы переработки апатита, его также можно рассматривать как один из основных источников РЗМ. Важно отметить, что в сравнении с лопаритом в апатите содержится значительное количество наиболее дефицитных и дорогих элементов средней и тяжелой групп РЗМ.

**Об источниках РЗЭ в Белоруссии.** Они связаны с апатитом. На просторах интернета находятся сотни публикаций о наличии редкоземельных элементов в Белоруссии. Все они сводятся к одному – РЗЭ находятся в отвалах Гомельского химического завода. Это фосфогипс – крупнотоннажные отходы основного производства. Различные точки зрения только на объемы – от 16 до 25 миллионов тонн складированных запасов фосфогипса. Его объемы увеличиваются ежедневно более чем на 1 тысячу тонн, в год это составляет ориентировочно 400 – 450 тысяч тонн. Известно количество РЗЭ в накопленных горах фосфогипса – в апатите его около 1%, в фосфогипс переходит около половины. Следовательно, в отвалах от 80 до 120 тысяч тонн ценнейшего сырья для современной промышленности. Много это или мало? Это годовая мировая потребность в РЗЭ.

Задача только в том, чтобы выделить это ценное сырье из отходов и дать промышленности, по меткому выражению академика Ферсмана, витамины в виде редкоземельных элементов. Можно это сделать? Конечно.

Более 70 лет прошло с того момента, когда была разработана и внедрена технология сернокислотной технологии переработки апатитового концентрата для получения минеральных удобрений. Вместе с данной технологией появился фосфогипс. Одновременно с этим ученые начали разработку проблемы ликвидации фосфогипса, в том числе и с выделением РЗЭ. За это время были израсходованы значительные материальные ресурсы, появились десятки докторов и сотни кандидатов наук, разработаны сотни технологий, защищенных патентами, а фосфогипс как лежал в отвалах, так и продолжает лежать.

Этот процесс не миновал и компанию Русредмет. Мы почти 10 лет занимаемся вопросом получения РЗЭ из фосфогипса, разработали массу способов, получили патент. Но

не только наша компания, но и все другие, которые заявляли на весь мир о том, что наконец-то разработана эффективная технология и они приступают к ее реализации, не смогли ее реализовать на практике. Почему?

При современных ценах на РЗЭ и другие продукты, получаемые при переработке гигантских запасов фосфогипса, например, гипс высоких марок, экономики нет. Хорошо бывает только на бумаге. Практика жизни диктует свои условия. Сегодня фосфогипс не экономическая проблема, а социально-экологическая. Ее можно решить только с помощью государства. Только государство, если оно заинтересовано в охране природы, здоровье населения, рекультивации земель, способно помочь решить эту проблему без надежды на получение сиюминутной прибыли в денежном выражении.

Так можно ли сделать так, чтобы Белоруссия стала производителем РЗЭ без экономической поддержки государства? Да, можно.

10 сентября этого года в Москве состоялось совещание Евразийской экономической комиссии, которая работает в рамках подписанного в мае 2014 года Белоруссией, Казахстаном и Россией договора о создании Евразийского экономического сообщества. Мы сближаемся не только в отсутствии таможенных барьеров, но и создаем совместно существующую экономическую систему. Наша компания присутствовала на этом совещании. Рассматривался вопрос создания совместных проектов в редкоземельной отрасли.

Компания Русредмет предложила в качестве совместного – проект попутного выделения РЗЭ из экстракционной фосфорной кислоты. ЭФК – это полупродукт переработки апатитового концентрата при получении удобрений. Она есть в Гомеле, есть на соответствующих заводах в Казахстане и России.

В ЭФК из апатитового концентрата переходит порядка 20 % РЗЭ.

Суть попутного выделения РЗЭ в том, что основной поток ЭФК в определенной точке направляется на сорбцию, где происходит сорбционное выщелачивание РЗЭ, далее поток идет без нарушений температурных режимов, водного баланса, соотношения Т:Ж и др. в соответствии с существующей технологией на производство основной товарной продукции. Полученный концентрат редкоземельных элементов далее идет на разделительные экстракционные каскады для получения индивидуальных РЗЭ. В ЭФК переходит из апатитового концентрата порядка 20% РЗЭ. Задача состояла в том, чтобы выделить эти 20%. Она была успешно решена.

Данная технология разработана нашей компанией, запатентована и впервые в России внедрена в производство. В апреле 2014 года в Череповце запущено опытно-промышленное производство. Проведены балансовые испытания, подписаны акты передачи в

эксплуатацию. При этом, нашей компанией подобран соответствующий сорбент, разработана технология и проект, разработана аппаратная схема, изготовлено оборудование, осуществлен шеф-монтаж и запуск производства. Для этого понадобилось 3 года. Работы начались в августе 2011 года – закончились в апреле 2014 года.

В чем главный положительный эффект этой технологии по сравнению с технологиями получения РЗЭ с соответствующих месторождений, включая техногенные (фосфогипс)?

В снижении себестоимости.

Следует отметить несколько факторов, положительно сказывающихся на себестоимости готовой продукции:

- нет необходимости вкладывать денежные средства в геологоразведку, строительство рудников и шахт, создание мощностей обогатительной фабрики, которая существует в настоящее время, например, на Ловозерском ГОКе;

- отсутствуют транспортные затраты на доставку первичного сырья к месту переработки. При другой технологии такие затраты будут существовать даже при переработке фосфогипса, т.к. его все равно надо транспортировать к месту распульповки.

- отсутствуют затраты на измельчение и получение растворов;

- процесс идет при температуре, определенной для основной технологии, т.е. растворы не надо подогревать

- отсутствуют работники, занятые трудом на этом участке получения РЗЭ.

Подача производственных растворов осуществляется по трубопроводам непосредственно на сорбционно-десорбционный каскад.

Основное производственное оборудование изготовлено из полипропилена. Оно не стандартизировано, конструкторская документация для оборудования разрабатывалась под конкретные процессы. Производитель – Русредмет.

В качестве вывода можно сказать следующее.

1. После резкого скачка цен на РЗЭ в 2010 – 2011 годах, рынок стабилизировался. В немалой степени это связано с появлением на рынке крупных производителей РЗЭ, главные из которых – Моликорп и Лайнес.

2. В последнее время объявлено о разведанных редкоземельных месторождениях вне территории Китая.

3. Пункты 1 и 2 свидетельствуют о том, что через некоторое время монополия Китая в производстве РЗЭ может снизиться, возможности резкого изменения ценовой политики резко упадут. Более того, возможно в обозримом будущем Китай станет перед проблемой нехватки РЗЭ тяжелой группы.

4. Прошло почти 4 года с момента резкого скачка цен на РЗЭ. Задолго до этого роль и значение РЗЭ в промышленности были нам известны. Уже тогда должна была развернуться работа по производству и потреблению РЗЭ. Однако только в сентябре 2013 года была сформирована программа, объявлены конкурсы на разработку технологий. Мы опаздываем, хотя шанс успеть еще есть.

5. Для решения проблемы РЗЭ для промышленности стран ЕвразЭС следует объединить усилия и возможности входящих стран.

#### Литература:

1. <http://www.urm.ru/ru/75-journal74-article633>.
2. <http://www.theaureport.com/pub/na/15427>.
3. <http://investorintel.com/rare-earth-intel/part-3/>.
4. [www. rareearth.ru](http://www.rareearth.ru).
5. <http://topwar.ru/26058-yaponskie-uchenye-redkozemelnyh-metallov-v-otkrytom-mestorozhdenii-hvatit-na-200-let.html>.
6. <http://remch-ch.livejournal.com/359667.html>
7. [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_141562/?frame=22](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_141562/?frame=22).
8. <http://rcutp.ru/news/0117092012/>.
9. <http://aftershock-2.livejournal.com/268310.html>.
10. <http://www.metaltorg.ru/n/99F372>
11. <http://rcutp.ru/news/0117092012/>
12. <http://rcutp.ru/news/0117092012/>.