

ИДЕНТИФИКАЦИЯ НЕТРАДИЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВЫХ РЕСУРСОВ (НА ПРИМЕРЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТОМТОР)

Виктор Анатольевич Яценко

Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 17, научный сотрудник, тел. (383)330-09-62, e-mail: yva@ieie.nsc.ru

В статье показана роль редкоземельных металлов (РЗМ) для высокотехнологичных отраслей промышленности и цифровизации производства. Показана аналогия нетрадиционных источников сырья и редкоземельных месторождений на примере месторождения Томтор с технологической и экономической точек зрения.

Ключевые слова: редкоземельные металлы, нетрадиционные источники минерально-сырьевых ресурсов, Томтор, экономическая оценка.

IDENTIFICATION OF NON-TRADITIONAL SOURCES OF MINERAL RESOURCES (BY THE EXAMPLE OF RARE EARTH DEPOSIT TOMTOR)

Viktor A. Yatsenko

Institute of Economics and Organization of Industrial Production SB RAS, 17, Prospect Akademik Lavrentiev St., Novosibirsk, 630090, Russia, Researcher, phone: (383)330-09-62, e-mail: yva@ieie.nsc.ru

The present article indicates the role of rare earth metals (REM) for high tech industries and digitalization of production. The analogy of non-traditional sources of mineral resources and rare earth metal deposits by the example of Tomtor deposit from the technological and economic points of view is presented.

Key words: rare earth metals, non-traditional sources of mineral resources, Tomtor deposit, economic valuation.

Введение

Человечество стоит на пороге эволюции постиндустриального и высокотехнологичного мира, в котором новые знания будут формировать модель экономического роста в развитых странах (формируя свою экономику знаний), влиять на суверенитет страны и на качество жизни общества. Сегодня можно наблюдать за процессом цифровизации экономики и промышленности, появлению больших данных, искусственного интеллекта и машинного обучения для работы с такими данными, новых стандартов, роста скорости передачи информации, интернету вещей, виртуальной или дополненной реальности, появления новых и модернизации старых видов вооружений, перехода к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, появления новых способов транспортировки и хранения энергии.

Эти новые элементы «цифровой» жизни человечества являются предпосылкой так называемой «четвёртой промышленной революции», которая окажет влияние на жизненную среду человека и его потребности, рынок труда, технологические уклады, систему производства, цепочки поставок и гибкость экономики. Предвидя такой сценарий, федеральное правительство Германии внедрило проект «Промышленность 4.0», призванный продвигать внедрение цифровых технологий в производстве. Впоследствии его переняли другие страны, и оно стало общим понятием. По сути это «ответ на необходимость в горизонтальной и вертикальной интеграциях в промышленности, с обеспечением эффективного использования информации и данных, что позволит сделать разработку непрерывным процессом, идущим вдоль всей цепочки добавленной стоимости» [1].

Этот процесс перехода к «Промышленности 4.0» и шестому технологическому укладу должен сделать экономики ведущих стран мира предсказуемыми, системными и более открытыми, что в свою очередь приведёт к более рациональному использованию ресурсов, без которых этот переход невозможен, и экономике замкнутого цикла. С другой стороны, технологии, материалы и устройства будущего становятся более сложными и требуют существенного количества разных ресурсов, в том числе редких и редкоземельных металлов (РМ и РЗМ)* [2]. Например, в сотовом телефоне от компании Motorola, по которому был сделан первый звонок в 1973 г., использовалось примерно 30 элементов периодической таблицы Менделеева, причём на телефоне было всего 12 кнопок и отсутствовал дисплей. В современных сотовых телефонах присутствует большой дисплей и всего несколько кнопок на корпусе, при этом используется порядка 70 элементов периодической таблицы Менделеева [3]. Стоит отметить, что в 2018 г. объём производства последних составил 1,44 млрд единиц (это при численности населения 7,7 млрд человек на начало 2019 г. [4]) на общую сумму 522 млрд долл. США [5].

Постановка задачи

В сегодняшнем мире значение и роль редких и редкоземельных металлов очень высока, и растёт с каждым годом благодаря использованию во многих современных технологиях. Например, помимо сотовых телефонов их можно встретить в такой продукции, как телевизоры, компьютеры, автомобили, самолёты и другой гражданской и военной технике; в таких наукоёмких областях, как лазеры, сверхпроводники, высокотемпературные керамики, высококачественные оптические стекла. Наиболее динамично развивающиеся сейчас – это энергосберегающие и природоохранные технологии (часто их называют «зелёные технологии»), например, ветровые установки, солнечные батареи, электромобили и т.п.

* Редкоземельные металлы, включающие 15 лантаноидов и иттрий, иногда скандий, являются подгруппой редких металлов, однако имеют самостоятельное значение в промышленности и для экономик развитых стран мира.

Темпы развития и объём мирового рынка редкоземельных металлов, свидетельствуют о зависимости высокотехнологичного мира от критически значимых видов сырья. Так, начиная с 90-ых годов прошлого века, суммарное производство РЗМ в мире выросло более чем в три раза к 2018 г., и составило примерно 170 тыс. тонн (в пересчете на оксиды), суммарное потребление выросло примерно в 6 раз, и составило порядка 182 тыс. тонн (в пересчете на оксиды), что по нашим оценкам соответствует примерно 7 – 9 млрд. долл. США. А весь глобальный рынок наукоёмкой продукции и товаров с использованием РЗМ составляет 1,5 – 2 трлн. долл. США, что соответствует 9 – 12% от объёмов всей мировой торговли [6, 7].

Современная динамика развития общества уже привела к стремительному росту потребления минерального сырья, поэтому в промышленный оборот вовлекаются источники полезных ископаемых, которые ранее к таковым не относились, но, которые бы могли удовлетворить меняющийся спрос. Это связано не только с постепенным истощением ранее освоенных и ранее вовлеченных в оборот источников минерально-сырьевых ресурсов, но и с развитием инновационной экономики, появлением новых знаний и применением новых технологий, изменением социально-экономической и геополитической системы.

В результате в развитых странах мира ключевой проблемой стала проблема развития и воспроизводства минерально-сырьевой базы (МСБ), поскольку она постоянно меняется, причем чаще в худшую сторону, так как в разработку всегда вовлекаются вначале самые рентабельные месторождения. В последнее время часть воспроизводства МСБ происходит за счёт нетрадиционных источников минерально-сырьевых ресурсов.

Результаты

Сегодня к нетрадиционным видам ресурсов могут быть отнесены некондиционные руды, вскрышные породы, хвосты обогащения и даже шлаки горно-промышленных предприятий (техногенные источники). Другими словами, это те объекты природного или антропогенного происхождения, для которых характерно не только снижение требований к содержаниям полезных компонентов в руде, но и для которых не существует технологической схемы обогащения до товарного продукта. С этой точки зрения последнего к таким объектам можно отнести месторождения редкоземельных металлов, поскольку одной из важнейших задач остаётся разработка принципиально новых подходов и технологий глубокой и комплексной переработки руд до товарной продукции, не поддающихся обогащению традиционными методами.

Например, одно из самых крупных редкоземельных месторождений как в России, так и в мире – Томтор в Республике Саха (Якутия), было открыто 60 лет назад. Только в 2014 г. дочернее предприятие «ТриАрк Майнинг» – «Восток Инжиниринг» выиграло аукцион на разработку одного из участков месторождения Томтор – Буранный, где сосредоточенно порядка 8% запасов и ресурсов месторождения. В 2018 г. были утверждены в Росгеолфонде технико-

экономическое обоснование (ТЭО) постоянных разведочных кондиций и запасы редкоземельных руд участка Буранный [10]. Согласно действующей лицензии, срок окончания которой в 2034 г., в 2022–2023 гг. запланированы строительство объектов инфраструктуры и запуск производства. Следовательно, компания «ТриАрк Майнинг» сумела разработать эффективную производственную цепочку и технологическую схему обогащения руды с участка Буранный до товарной продукции. Причём до этого момента многие научные коллективы и обогатители пытались создать технологию комплексной переработки руд, но физико-химические свойства руд участка Буранный не позволяли этого сделать (таблица). Даже базовая схема переработки руды, предложенная ИХХТ СО РАН, пригодна не для всех промышленных типов руд, а имеет значительные ограничения по содержаниям оксидов кремния, железа, кальция и титана [10].

Различные технологические варианты переработки руд участка Буранный месторождения Томтор

№	Организации	Способы переработки
1	ГИРЕДМЕТ, ИМГРЭ, КИЦМ, ИХХМП СО РАН	Термохимическое разложение руды
2	ИМЕТ РАН им. Байкова	Пирометаллургическая технология: 1. окислительная плавка руды с кристаллизацией расплава; 2. восстановительная плавка руды
3	ИМиО АН КазССР	Электротермическая плавка руды
4	ГИРЕДМЕТ	Алюминотермическое восстановление руды
5	ВИМС, Карабалтинский ГРК	Сернокислотный метод
6	ИХХТ СО РАН	Гидрометаллургический метод – щелочная автоклавная переработка (базовая схема)
7	ОИВТ РАН	Метод ликвационной плавки

По нашим оценкам экономическая эффективность инвестиционного проекта освоения участка Буранный существенно зависит от потребления и стоимости химических реагентов, используемых в процессе обогащения руды до товарной продукции. После выхода проекта на полную мощность расходы на реагенты по нашим расчётам ежегодно будут составлять 46-49% от общих затрат. Это свидетельствует о сложности и уникальности технологии обогащения и выделения ценных компонентов из руды.

Также первоначальные капитальные затраты, необходимые для разработки и эксплуатации нетрадиционных источников сырья, являются одним из важнейших факторов, влияющих на технико-экономические показатели и рентабельность проекта. Поскольку интервал времени от геологоразведочных работ (ГРР) со сложным геологическим строением или/и с низкими содержаниями полезных компонентов в руде до эксплуатации нетрадиционного источника может составить более 10 – 15 лет. Это значит, что высокие капитальные затраты, являются большим инвестиционным риском, и являются серьёзным барье-

ром для финансирования освоения нетрадиционных источников минерально-сырьевых ресурсов. По разным оценкам необходимо от 33 до 70 млрд руб. совокупных капитальных затрат, чтобы создать производство с мощностью переработки 100 тыс. тонн руды в год [11, 12].

По нашим оценкам чистый дисконтированный доход (NPV) инвестиционного проекта освоения участка Буранный месторождения Томтор на основе технологии, разработанной специалистами ИХХТ СО РАН, в условиях снижения ставки НДС при разработке месторождений редких металлов до уровня 4,8%, которая начнёт действовать с 2020 г., при разных уровнях цен РЗМ будет находиться в диапазоне от -22,6 млрд руб. до 253,9 млрд руб. в зависимости от ставки дисконтирования и капитальных затрат.

Такой разброс показателя NPV в зависимости от ценовой конъюнктуры РЗМ и необходимых затрат на освоение геологического объекта говорит не только о сложности технологий извлечения ценных компонент из руды, но и чрезмерно высокой чувствительности к рискам на основные показатели модели: время выполнения, прибыль, объём производства продукции и на успешную реализацию проекта в целом [9].

Заключение

Целесообразность вовлечения нетрадиционных источников минерально-сырьевых ресурсов в промышленную эксплуатацию требует тщательного изучения геологического строения объекта, необходимой инфраструктуры, методов эффективного извлечения и обогащения ценных компонентов, поиска новых или модификации старых технологических. Поэтому освоение нетрадиционных источников всегда носит инновационный характер, а технико-экономические расчеты являются сложными и подвержены большим погрешностям. С экономической точки зрения такие источники будут активами, которые требуют оценки эффективности вложенных инвестиций со всеми свойствами и характеристиками инвестиционных проектов.

С этой позиции освоение нетрадиционных источников минерально-сырьевых ресурсов будет подвержено дополнительным капитальным и текущим затратам, в том числе на НИОКР, и существенным рискам в сравнении с разработкой традиционных видов сырья. Это необходимо учитывать при оценке эффективности и рентабельности инвестиционных проектов освоения нетрадиционных источников сырья и их сценариев развития со стороны инвестора; лицензирования, развития и воспроизводства МСБ со стороны государства.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 19-18-00170.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Раджив Сивараман. Что такое «цифровизация» предприятия? [Электронный ресурс]. URL: <http://ua.automation.com/content/chto-takoe-cifrovizacija-predprijatija> (дата обращения: 10.09.2019).
2. Быховский Л.З., Тигунов Л.П., Темнов А.В. Об определении понятий «редкие элементы» («редкие металлы»): исторический и терминологический аспекты // Минеральные ресурсы: экономика и управление. – 2015. – № 3. – С. 32–38.
3. Public Lecture — Global Trends in Mineral Commodity Supplies [Electronic resource] // The United States Geological Survey. URL: <https://www.usgs.gov/media/videos/2017-oct-public-lecture-global-trends-mineral-commodity-supplies> (дата обращения: 05.04.2018).
4. Current World Population. [Electronic resource] URL: <https://www.worldometers.info/world-population> (дата обращения: 06.05.2020).
5. GfK. Growth from Knowledge. [Electronic resource] URL: <https://www.gfk.com/ru/insaity/press-release/globalnyi-rynok-smartfonov-v-2018-dostig-522-milliardov-dollarov> (дата обращения: 28.04.2020).
6. Rare Earths Statistics and Information [Electronic resource] // National Minerals Information Center : U.S. Geological Survey. URL: <https://www.usgs.gov/centers/nmic/rare-earths-statistics-and-information> (дата обращения: 01.02.2018).
7. Thomas G. Goonan. Rare Earth Elements – End Use and Recyclability : Scientific Investigations Report 2011–5094 [Electronic resource] // The United States Geological Survey. - Reston (Virginia), 2011. – 15 p. URL: <https://pubs.usgs.gov/sir/2011/5094/pdf/sir2011-5094.pdf> (дата обращения: 05.09.2015).
8. Яценко В.А., Самсонов Н.Ю., Крюков Я.В. Особенности рынка редкоземельных металлов // Минеральные Ресурсы России. – 2018. – № 6. – С. 68-72.
9. Яценко В.А., Самсонов Н.Ю., Крюков Я.В. Опционный подход к экономической оценке проектов разработки редкоземельных месторождений. - DOI: 10.25205/2542-0429-2018-18-4-69-84 // Мир экономики и управления. - 2018. - Т. 18, № 4. - С. 69-84.
10. Технологические проблемы Томтора и их решение / Делицын Л.М., Мелентьев Г.Б., Толстов А.В., Магазина Л.А., Самонов А.Е., Сударева С.В. // Редкие земли. 2015. № 2(5). С.164-179.
11. Годовой отчёт государственной корпорации «Ростех» за 2017 год [Электронный ресурс] // Государственная корпорация «Ростех» : [Сайт]. URL: <https://rostec.ru/upload/iblock/609/60954456d3f675625e60918653ceb028.pdf> (дата обращения: 02.05.2018).
12. Николай Похиленко: освоение Томторского месторождения в Якутии обойдется в 70 млрд рублей // Новости Сибирской науки. - 31 марта 2016 года. URL: <http://www.sib-science.info/ru/sbras/tomtor-30032016> (дата обращения: 03.05.2016).

© В. А. Яценко, 2020