ОЦЕНКА НАПРАВЛЕНИЙ ПОСТАВОК РЕДКОЗЕМЕЛЬНОЙ РУДЫ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТОМТОР НА ПЕРЕРАБОТКУ: ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АСПЕКТ*

Я.В. КРЮКОВ, *к.э.н.,*
В.А. ЯЦЕНКО, *Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН, Новосибирск*

Редкоземельная промышленность начинается с месторождений и заканчивается применением высокотехнологичной продукции в глобальной экономике. Одним из промежуточных этапов является формирование эффективных и экономичных вариантов транспортировки исходного редкоземельного сырья до мест переработки и получения высоколиквидной товарной продукции. В этой связи экономистами подчеркивалось, что «необходимы целенаправленные шаги и меры по созданию в городах Сибири и Дальнего Востока кластеров и цепочек создания повышенной добавленной стоимости на основе использования РЗМ» [1].

Сегодня редкие и редкоземельные металлы (РЗМ) в России почти не добываются. Ценный редкозём у нас есть, а добычи и переработки – практически нет. В России есть только одно место добычи – Кольский полуостров. Получаемый лопаритовый концентрат отправляется на Соликамский магниевый завод (Пермский край), производственные мощности которого ограничены 10–12 тыс. т в год. Его готовая продукция – плав хлоридов РЗМ и дезактивированные карбонаты (концентраты) РЗМ – промежуточные продукты чистых оксидов РЗМ, почти весь объем которых идет на экспорт для дальнейшей переработки.

В постсоветский период перерабатывающие руду и концентрат заводы остались в странах ближнего зарубежья. При этом СССР занимал третье место по добыче редкоземельных металлов

---

* ЭКО. – 2016. – № 4.

Работа выполнена по плану НИР ИЭОПП СО РАН в рамках проекта XI.174.1.2. «Стратегические направления реализации потенциальной ценности минерально-сырьевых ресурсов Азиатской части России в условиях глобальных вызовов XXI века».

в мире, а сегодня доля современной России на глобальном рынке РЗМ – всего 1,3%, несмотря на то, что наша страна обладает 17–19% от мирового запаса РЗМ (второе место после Китая [2]. Полная зависимость российской технологичной и высокотехнологичной промышленности от импортных (прежде всего, китайских) редкоземельных металлов не позволяет гарантировать бесперебойное снабжение этим стратегически важным сырьем в будущем. Чтобы государство было ресурсонезависимым, обеспечивало экономическую и национальную безопасность, добывающая промышленность РЗМ должна быть вертикально интегрированной с полной технологической цепочкой производства: «от лопаты до редких металлов или чистых оксидов РЗМ». А если говорить о программе импортозамещения, чрезвычайно актуальной сегодня для промышленности нашего государства, то «до высокотехнологичной продукции, в которую включены те или иные редкие земли» [3].

Вот почему Томторское месторождение так важно для России! Оно является уникальным по своему составу и концентрациям двух десятков как традиционных полезных ископаемых (железо, фосфор, титан, ванадий), так и редких элементов (от лантана до высокодефицитных иттрия и скандия). Но визитной карточной Томтора являются редкие элементы: ниобий, иттрий, скандий и группа лантаноидов [4]. Практически каждый из них присутствует в весьма внушительных концентрациях, ранее не известных в мировой геологической практике, благодаря чему именно якутское месторождение в ряду уникальных ниобий-редкоземельных объектов планеты заняло первое место. Запасы редких элементов в Томторском месторождении огромны и при нынешнем спросе могут обеспечить потребности России (а при определенных условиях – и мира) на сотни лет [5].

В Государственной программе «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности до 2020 года» (от 2013 г.) [6], ответственным исполнителем которой является Министерство промышленности и торговли РФ, поставлена глобальная цель: создать в Российской Федерации конкурентоспособную редкоземельную промышленность полного технологического цикла для удовлетворения потребностей отечественного оборонно-промыш-ленного комплекса, гражданских отраслей и выхода на зарубежные рынки. В этой программе особую роль отводят Томторскому месторождению.

Сейчас известно, что владелец месторождения – компания «ТриАрк Майнинг» (совместное предприятие ГК «Ростехнологии» и Группы «ИСТ») планирует разместить химико-металлургическое производство для переработки томторских руд, используя, в том числе, территорию Приаргунского производственного горно-химического объединения в Краснокаменске (Забайкальский край) – Краснокаменский гидрометаллургический комбинат [7]. По крайней мере, соглашение о строительстве комбината с правительством края заключено весной 2016 г.

Объем инвестиций требует детального изучения. Но уже сейчас имеются оценки, по которым проект по годовой переработке 100 тыс. т руды томторского месторождения при сложившихся курсе валюты и внешней экономической конъюнктуре обойдется не менее чем в 70 млрд руб. По крайней мере, такую оценку дает директор Института геологии и минералогии СО РАН академик РАН Н.П. Похиленко [8]. При максимальной проектной мощности в 150 тыс. т инвестиции составят не менее 100 млрд руб.

Предполагалось, что проект будет финансировать Внешэкономбанк. Но из-за западных санкций он сейчас испытывает нехватку средств, в частности для вложения в горнорудные проекты. Вместе с тем геологоразведочные работы высоких стадий, позволяющих в ближайшие два года начинать выемку руды, в настоящее время активно выполняются.

Всё пока идет к тому, что Краснокаменский гидрометаллургический комбинат является базовым вариантом для строителства первого звена технологической цепочки – производства дезактивированных карбонатов РЗМ [7]. **Но место переработки может быть пересмотрено в любой момент по различным причинам: экономическим, политическим, технологическим и т.п.**

Поэтому имеет смысл обратиться к анализу других потенциальных предприятий атомной промышленности Сибири и Дальнего Востока (ГК «Росатом»), на площадках которых можно создать как первые звенья цепочки производства, так и последнее звено – выпуск редкоземельных оксидов или чистых разделенных металлов [9]. В результате мы сможем предложить альтернативные варианты маршрутов транспортировки руды от удаленного месторождения, находящегося в Арктической зоне, до этих предприятий.

Потенциальные предприятия по обогащению томторской руды

Сегодня атомная отрасль России представляет собой мощный комплекс из более чем 400 предприятий и организаций, входящих в состав Государственной корпорации «Росатом». По роду деятельности нас будут интересовать предприятия Уранового холдинга «АРМЗ» («Атомредметзолото»), который является горнорудным

Таблица 1

Производственные структуры ГК «Росатом» (упрощенная схема)

«Росатом»	
Атомный энергопромышленный комплекс («Атомэнергопром»)	
«АРМЗ»	
Приаргунское производственное горно-химическое объединение (ППГХО)	Переработка исходной руды Получение коллективного карбоната РЗМ
«ТВЭЛ»	
Ангарский электролизный химический комбинат (АЭХК)	Переработка исходной руды Получение коллективного карбоната РЗМ Извлечение тория и урана Получение индивидуальных оксидов РЗМ Получение чистых РЗМ Производство высокотехнологичной продукции, содержащей РЗМ
Сибирский химический комбинат (СХК)	Переработка исходной руды Получение коллективного карбоната РЗМ
ПО «Электрохимический завод» (ПО «ЭХЗ»)	Получение индивидуальных оксидов РЗМ Получение чистых РЗМ Производство высокотехнологичной продукции, содержащей РЗМ
Новосибирский завод химконцентратов (НЗХК)	Получение индивидуальных оксидов РЗМ Получение чистых РЗМ Производство высокотехнологичной продукции, содержащей РЗМ
Горно-химический комбинат (ГХК)	Переработка исходной руды Получение коллективного карбоната РЗМ Извлечение тория и урана Хранение радиоактивных отходов Получение индивидуальных оксидов РЗМ Получение чистых РЗМ Производство высокотехнологичной продукции, содержащей РЗМ

дивизионом госкорпорации, и топливная компания «ТВЭЛ» (табл. 1). Эти предприятия входят в интегрированную компанию компанию «Атомный энергопромышленный комплекс», которая в свою очередь обеспечивает полный цикл производства в сфере ядерной энергетики, от добычи урана до строительства АЭС и выработки электроэнергии [10].

Урановый холдинг «Атомредметзолото»

Холдинг «АРМЗ» сегодня реализует ряд перспективных проектов по добыче урана, таких как «Хиагда» (Республика Бурятия) и «Далур» (Курганская область). К этому можно добавить ряд проектов в рамках программы диверсификации, связанных с добычей редких, редкоземельных и драгоценных металлов – «Павловское» на архипелаге Новая Земля, добыча и переработка редких и редкоземельных металлов в Курганской области [11].

Холдинг «Атомредметзолото» трансформируется в «компанию развития» – динамичную, компетентную в производстве базовых и стратегических металлов и технологичную. Например, сформирована программа развития новых направлений бизнеса, создан промышленный парк «Краснокаменск», где шаг за шагом идут к созданию горно-металлургического кластера.

Якорным предприятием для новых, не связанных с урановым производством предприятий, станет Приаргунское производственное горно-химическое объединение (юг Забайкальского края) (см. табл. 1).

Сегодня предприятие не является прибыльным (так, в 2015 г. убытки составили 3 млрд руб). Это связано с тем, что мировой рынок урана насыщен – цены падают, снижаются объемы выработки продукции, растет себестоимость производства. Предприятие отработало уже 45 лет, и идет истощение запасов действующих урановых месторождений [12].

Одна из важнейших задач Приаргунского производственного горно-химического объединения – диверсификация производства и выход на безубыточную работу. Поэтому на территории Краснокаменска планируется организовать новые производства: заводы по переработке пиритных огарков, производству взрывчатых веществ, переработке концентратов цветных металлов, а также руд редких и редкоземельных металлов Томторского месторождения [7, 13]. Поэтому активно привлекаются внешние инвесторы.

Краснокаменский гидрометаллургический комбинат (на территории ППГХО)

ППГХО является крупнейшим предприятием в Урановом холдинге «АРМЗ», а также градообразующим для города Краснокаменска, с избыточными производственными площадями и необходимой инфраструктурой (хвостохранилище, тепло-, электро-, водоснабжение, спецканализация, транспортная доступность). К 2018 г. ожидается полная реконструкция аэропорта в городе, а на данный момент между Читой и Краснокаменском курсируют небольшие самолеты Л-410 УВП-Е 20**.** Это самое ближайшее предприятие к потенциальным рынкам сбыта – Индии, Японии и Южной Корее, которые заинтересованы в новом производителе РЗМ (кроме Китая, как монополиста на рынке РЗМ).

Рисунок. Варианты транспортных путей [2]

Доставлять томторскую руду в значительных объёмах (от 10 тыс. т до 100–150 тыс. т в год) экономически и логистически выгодно следующим образом (рисунок):

- по зимнику реки Анабар с месторождения Томтор до посёлка Юрюнг-Хая (≈350 км) автопоездами, который ежегодно «пробивается», так как в 80 км к западу от месторож-

дения отрабатываются алмазные россыпи («Алмазы Анабара», входящее в АК «АЛРОСА») [14];

- затем по реке Лена от посёлка Юрюнг-Хая до Якутска (≈2000 км) судами смешанного класса «река – море», например транспортного предприятия «Ленское объединенное речное пароходство»;
- из Якутска до Краснокаменска (≈2700 км) – железнодорожным транспортом.

Суммарное расстояние от месторождения Томтор до КГК составляет около 5 тыс. км.

Топливная компания «ТВЭЛ»

Основной вид деятельности ТК «ТВЭЛ» – производство и поставки ядерного топлива для энергетических и исследовательских реакторов. Компания поставляет на российский и мировой рынки также широкий спектр неядерной продукции: цирконий, литий, кальций, магниты, тонкостенные трубы, полирующие порошки, сверхпроводниковые материалы и другую продукцию. На предприятиях ТК «ТВЭЛ» при поддержке собственных проектно-конструкторских и научно-исследовательских подразделений успешно функционируют гидрометаллургические, металлообрабатывающие, машиностроительные и прокатные производства [15].

В качестве плацдарма для строительства химико-металлургического комбината как альтернативы Краснокаменскому гидрометаллургическому комбинату для производства карбонатов РЗМ, в том числе для продолжения технологической цепочки до оксидов или чистых металлов РЗМ, высокотехнологичной товарной продукции нас будут интересовать следующие предприятия топливной компании (см. табл. 1).

- Ангарский электролизный химический комбинат (Ангарск, Иркутская область);
- Сибирский химический комбинат (Северск, Томская область);
- ПО «Электрохимический завод» (Зеленогорск, Красноярский край);
- Новосибирский завод химконцентратов (Новосибирск, Новосибирская область).

Из вышеперечисленных предприятий по роду деятельности, развитой инфраструктуре, компетенциям больше всего подходят

два предприятия: АЭХК (*первый альтернативный вариант* места размещения) и СХК (*второй альтернативный вариант*), которые мы рассмотрим далее.

Ангарский электролизный химический комбинат (АЭХК)

Первый альтернативный вариант. АЭХК – одно из градообразующих предприятий города Ангарска, которое расположено в 40 км от Иркутска и в 100 км от уникального природного объекта – озера Байкал. И это обстоятельство накладывает на предприятие особую ответственность перед окружающей средой.

Сегодня «ТВЭЛ» с правительством Иркутской области и промышленными и инжиниринговыми компаниями ведет диалог об открытии на базе АЭХК новых неурановых производств. На данный момент предприятие получает от реализации неядерной продукции около 4% всей выручки [16].

Преимущества строительства химико-металлургического комбината для переработки томторских руд на базе АЭХК следующие [17]:

1) огромные производственные площади для сдачи в аренду (20 тыс. м^2 – на промплощадке и 4 тыс. м^2 – вне территории) с инфраструктурой обеспечения необходимыми ресурсами (тепло-, электро-, водоснабжение, пар, сжатый воздух, жидкий азот, вентиляция, система спецканализаций);

2) транспортно-логистическая инфраструктура – наличие железнодорожных путей и автомобильных дорог;

3) электропитание с суммарной свободной мощностью 170 МВт и самой низкой стоимостью электроэнергии в РФ!

Доставлять томторскую руду до АЭХК предлагается следующим образом (см. табл. 1):

- по зимнику с месторождения Томтор до посёлка Юрюнг-Хая (≈350 км) автопоездами;
- затем по реке Енисей от посёлка Юрюнг-Хая до города Красноярска (≈4100 км), например, судами класса «река – море» основного перевозчика по водным путям бассейна Енисея – «Енисейского речного пароходства»;
- из Красноярска до города Ангарска (≈1100 км) – железнодорожным транспортом.

В этом случае общая протяженность путей составит около 5,5 тыс. км.

Сибирский химический комбинат (СХК)

Вторым альтернативным вариантом строительства химико-металлургического комбината для переработки томторской руды является градообразующее предприятие города Северска – «Сибирский химический комбинат» (Томская область). Помимо основной урановой СХК выпускает различную неядерную продукцию, в том числе фториды редкоземельных металлов [18].

СХК имеет все необходимые коммуникации для строительства химико-металлургического комбината (тепло-, электро-, водоснабжение), которые смогут обеспечить бесперебойное и эффективное функционирование производственного процесса. Открытым остается следующий вопрос: есть ли готовые производственные площади или их придется строить?

Доставлять томторскую руду до СХК предлагается следующим образом (см. рис.).

- по зимнику с месторождения Томтор до посёлка Юрюнг-Хая (≈350 км) автопоездами;
- далее по реке Енисей от посёлка Юрюнг-Хая до Красноярска (≈4100 км);
- от Красноярска до Северска (≈650 км) – железнодорожным транспортом.

В таком случае общая протяженность маршрута составит около 5,1 тыс. км. Второй способ: напрямую от посёлка Юрюнг-Хая до Северска по реке Обь – примерно 5,5 тыс. км.

Железногорский горно-химический комбинат

Третьим альтернативным вариантом строительства химико-металлургического комбината для переработки руды Томтора является уникальное предприятие с подземным расположением основных ядерных производств, не имеющее аналогов в мире: градообразующее предприятие города Железногорска Красноярского края – Горно-химический комбинат (ГХК) [19].

Преимущества этого варианта заключаются в том, что здесь созданы комплекс сооружений и коммуникаций, полная транспортно-логистическая инфраструктура, к тому же здесь имеются все необходимые компетенции для работы производства такого типа. Например, утилизация радиоактивных элементов и хранение отходов, конструирование технологического оборудования и

его техническое обслуживание. На этом предприятии есть технологии по разделению тория и монацитового песка.

Уже не раз прозвучала оценка руководства «Росатома», что на Горно-химическом комбинате самая высокая в отрасли эффективность реализации проектов. Так почему бы этим не воспользоваться?

Доставлять томторскую руду до ГХК предлагается следующим образом (см. рис.):

- по зимнику от месторождения Томтор до посёлка Юрюнг-Хая (≈350 км) автопоездами;
- затем по реке Енисей от посёлка Юрюнг-Хая до города Железногорска (≈4000 км).

Из рассмотренных вариантов транспортировки томторской руды это самый короткий путь от месторождения до возможного места строительства химико-металлургического комбината – около 4,3 тыс. км.

В табл. 2 приведены суммарные протяженности различных вариантов транспортировки томторской руды.

Таблица 2

Оценка расстояний маршрутов транспортировки руды с месторождения Томтор различными видами транспорта до места ее переработки и получения высокотехнологичной РЗМ-продукции

Пункт отправления	Пункт назначения	Расстояние, км	Вид транспорта
1	**2**	**3**	**4**
Томтор – ППГХО			
Томтор	п. Юрюнг-Хая	350	Автопоезда
п. Юрюнг-Хая	г. Якутск	2000	Морской
г. Якутск	г. Краснокаменск	2700	Ж/д
ИТОГО		**5050**	
Томтор – АЭХК			
Вариант 1: п. Юрюнг-Хая – г. Красноярск			
Томтор	п. Юрюнг-Хая	350	Автопоезда
п. Юрюнг-Хая	г. Красноярск	4100	Морской
г. Красноярск	г. Ангарск	1100	Ж/д
ИТОГО		**5550**	

Окончание табл. 2

1	2	3	4
Томтор – СХК			
Вариант 1: по реке Обь			
Томтор	п. Юрюнг-Хая	350	Автопоезда
п. Юрюнг-Хая	г. Северск	5100	Морской
ИТОГО		**5450**	
Вариант 2: по реке Енисей			
Томтор	п. Юрюнг-Хая	350	Автопоезда
п. Юрюнг-Хая	г. Красноярск	4100	Морской
г. Красноярск	г. Северск	650	Ж/д
ИТОГО		**5100**	
Томтор – ГХК			
Томтор	п. Юрюнг-Хая	350	Автопоезда
п. Юрюнг-Хая	г. Железногорск	4050	Морской
ИТОГО		**4400**	

Таким образом, рассмотрены перспективные предприятия российской атомной промышленности, на базе которых можно построить химико-металлургический комбинат для переработки руд месторождения Томтор, в качестве альтернативы Краснокаменскому гидрометаллургическому комбинату на базе ППГХО:

- Ангарский электролизно-химический комбинат, Ангарск, Иркутская область;
- Сибирский химический комбинат, Северск, Томская область;
- Горно-химический комбинат, Железногорск, Красноярский край.

Если разбить технологическую цепочку на два или более этапов: руда – концентрат и оксиды РЗМ – оксиды и индивидуальные РЗМ – высокотехнологичные товарные изделия, то далее следует задействовать ещё два завода с развитой инфраструктурой, входящих в структуру «ТВЭЛ»:

- Новосибирский завод химконцентратов (ПАО «НЗХК»), г. Новосибирск, Новосибирская область;
- Производственное объединение «Электрохимический завод» (ПО «ЭХЗ»), ЗАТО Зеленогорск, Красноярский край.

Помимо основных видов деятельности (изготовление топлива для АЭС и исследовательских реакторов России и мира), НЗХК производит чистый металлический литий и его соли (например, для производства аккумуляторов), цеолитные катализаторы, которые потом поставляют не только на отечественный, но и на зарубежные рынки. А ПО «ЭХЗ», помимо основных видов деятельности (обогащение и разделение изотопов урана), дополнительно производит изотопы различных элементов, фтористые соединения.

На каждом предприятии, входящем в структуру топливной компании «ТВЭЛ», есть различные неядерные производства, представленные широким спектром продукции. Поэтому любое такое предприятие можно включить в технологическую цепочку для производства оксидов РЗМ, индивидуальных РЗМ и производства высокотехнологичной продукции, содержащей РЗМ.

Заключение

В статье нами рассмотрены и продемонстрированы альтернативные варианты транспортировки добытой с месторождения Томтор руды на крупные технологические предприятия «Росатома» Сибири и Дальнего Востока, которые могут перерабатывать сырье как до первой стадии передела (концентрат РЗМ), так и до последующих (оксиды металлов и индивидуальные РЗМ).

Понятно, что доставлять и перерабатывать томторскую руду до концентрата РЗМ экономически и логистически выгодно на предприятиях, расположенных на минимальном удалении от месторождения. Но получать последующие переделы и высокотехнологичную продукцию, использующую РЗМ, можно на любом предприятии России. Ведь транспортные издержки в таком случае будут составлять, по нашим расчетам, не более 3–5%.

Нельзя допустить, чтобы карбонаты РЗМ с Краснокаменского гидрометаллургического комбината в полном объеме экспортировались. Необходимо создать всю технологическую цепочку в пределах нашей страны. И для этого у нас всё есть: растущий внутренний спрос, предприятия с нужными технологическими компетенциями, на которых есть возможность создать производство, транспортная инфраструктура и т. п. Будет стратегической ошибкой, имея такое уникальное по мировым меркам месторождение, импортировать РЗМ, в то время как Россия может сама стать экспортером.

Что же касается санкций западных стран и сегодняшней политической конъюнктуры в мире, то они побуждают Российскую Федерацию развивать собственную промышленность и уходить от импорта. Поэтому очень важно сейчас объединить все усилия и заинтересованные стороны: государство, промышленность, науку, инвесторов, чтобы выработать единую стратегию для создания полного технологического цикла производства чистых оксидов РЗМ. Ведь для страны это вопросы не только прибыли и национальной безопасности, но и суверенитета, так как РЗМ применяются во всех без исключения высокотехнологичных отраслях промышленности.

Литература

1. *Крюков В.А., Толстов А.В., Самсонов Н.Ю.* Стратегическое значение редкоземельных металлов в мире и в России // ЭКО. – 2012. – № 11. – С. 5–16.
2. *Яценко В.А.* Оценка приоритетности направлений транспортировки руды ниобий-редкоземельного месторождения Томтор на потенциальные предприятия ее обогащения // Север и Арктика в новой парадигме мирового развития. Лузинские чтения – 2016 / Под общ. ред. Е.П. Башмаковой, Е.Е. Торопушиной; Кольский науч. центр РАН, Ин-т экон. проблем им. Г.П. Лузина. – Апатиты: ИЭП КНЦ РАН, 2016. – С. 254–257.
3. *Толстов А.В., Самсонов Н.Ю.* Томтор: геология, технологии, экономика // ЭКО. – 2014. – № 2 (476). – С. 36–44.
4. *Делицын Л.М., Мелентьев Г.Б., Толстов А.В., Магазина Л.А., Самонов А.Е., Сударева С.В.* Технологические проблемы Томтора и их решение // Редкие земли. – 2015. – № 2 (5). – С. 164–179.
5. *Похиленко Н.П., Крюков В.А., Толстов А.В., Самсонов Н.Ю.* Томтор как приоритетный инвестиционный проект обеспечения России собственным источником редкоземельных элементов // ЭКО. – 2014. – № 2 (476). – С. 22–35.
6. Государственная программа Российской Федерации «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности»: Постановление от 15.04.2014 г. № 328. URL: http://government.ru/media/files/1gqVAlrW8Nw.pdf
7. В Краснокаменске подписаны еще два инвестиционных соглашения. URL: http://www.priargunsky.armz.ru/about/news/?id=594&p=2
8. *Похиленко Н.* Освоение Томторского месторождения в Якутии обойдется в 70 млрд руб. // Новости сибирской науки. – 2016. – 31 март. URL: http://www.sib-science.info/ru/sbras/tomtor-30032016
9. *Похиленко Н.П., Крюков В.А., Толстов А.В., Самсонов Н.Ю.* Создание сильной редкоземельной промышленности России: без госкорпораций не осилить // ЭКО. – 2016. – № 8. – С. 25–36.
10. Продукция и услуги / Госкорпорация «Росатом». URL: http://www.rosatom.ru/production
11. Добыча урана / Госкорпорация «Росатом». URL: http://www.rosatom.ru/production/mining

12. Тайга инфо. Экономика // ППГХО выведут на безубыточную работу. URL: http://tayga.info/releases/2014/04/24/~116398
13. Представитель «Росатома»: ППГХО осталось «жить» 5 лет. URL: http://zabmedia.ru/news/75054/predstavitel_rosatoma_ppgho_ ostalos_zhit_5_let
14. *Крюков В.А., Толстов А.В., Афанасьев В.П., Самсонов Н.Ю., Крюков Я.В.* Обеспечение российской промышленности высокотехнологичной сырьевой продукцией на основе гигантских месторождений Арктики – Томторского ниобий-редкоземельного и Попигайского сверхтвердого абразивного материала // Север и Арктика в новой парадигме мирового развития. Лузинские чтения – 2016 / Под общ. ред. Е.П. Башмаковой, Е.Е. Торопушиной; Кольский науч. центр РАН, Ин-т экон. проблем им. Г.П. Лузина. – Апатиты: ИЭП КНЦ РАН, 2016. – С. 204–206.
15. О топливной компании / Топливная компания «ТВЭЛ». URL: http:// www.tvel.ru/wps/wcm/connect/tvel/tvelsite/about
16. Разделительно-сублиматный комплекс / Топливная компания «ТВЭЛ». URL: http://www.tvel.ru/wps/wcm/connect/tvel/tvelsite/about/ structure/RS_complex
17. ОАО «АЭХК» – партнер для развития бизнеса / «АЭХК». URL: http://www.aecc.ru/attachments/article/334/ AECC_partner.pdf
18. Сублиматный завод (СЗ) / «Сибирский химический комбинат». URL: http://www.atomsib.ru/ru/struktura-kombinata
19. О предприятии / «Горно-химический комбинат». URL: http://www.sibghk.ru/ company.html