

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ОСВОЕНИЯ НИОБИЙ-РЕДКОЗЕМЕЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТОМТОР В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РОССИИ: ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

Чжао Цзиэр¹, Г. Ю. Боярко²

¹ Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова (Москва, Российская Федерация)

² Томский политехнический университет (Томск, Российская Федерация)

Статья поступила в редакцию 17 февраля 2025 г.

Для цитирования

Чжао Цзиэр, Боярко Г. Ю. Проблемы и перспективы освоения ниобий-редкоземельного месторождения Томтор в Арктической зоне России: эколого-экономические аспекты // Арктика: экология и экономика. — 2025. — Т. 15, № 2. — С. ?—?. — DOI: 10.25283/2223-4594-2025-2-?-?.

Анализируются основные проблемы, связанные с промышленным освоением ниобий-редкоземельного месторождения Томтор в Арктической зоне Якутии. Выявлены группы факторов, оказывающих влияние на разработку этого месторождения: природно-климатические (низкие температуры воздуха, вечная мерзлота), технологические (сложные геологические условия разработки месторождения, неосвоенность территории и неоднозначность технологий добычи), экономические (высокие затраты на разработку месторождения, отсутствие инфраструктуры, трудности привлечения инвестиций в проект), экологические (высокие издержки, связанные с воздействием проекта на объекты окружающей среды, поскольку проект затрагивает территории традиционного природопользования коренных народов Севера и др.). Проанализирован китайский опыт оценки воздействия разработки месторождений редкоземельных металлов на окружающую среду, дана характеристика удельных экологических затрат при производстве редкоземельной продукции. Цель исследования — обоснование и развитие методов, направленных на промышленное освоение Томторского месторождения.

Ключевые слова: редкоземельные металлы, Арктическая зона России, проект, месторождение Томтор, территории традиционного природопользования, коренные народы, эколого-экономический анализ.

Введение

Арктический север России представляет собой кладовую месторождений полезных ископаемых, в том числе весьма крупных и уникальных по качеству руд. Здесь расположены крупные разведанные месторождения, в том числе редких и редкоземельных металлов [1—3]. Они становятся объектами новых проектов недропользования в интересах обеспечения экономической безопасности страны

в обеспечении сырьем национальной промышленности [4—7].

По данным государственного доклада «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2023 году», добыча редкоземельных металлов в Арктической зоне России в 2022 г. составила 118,1 тыс. т, но большая их часть, добытая при переработке апатитового концентрата на фосфорные удобрения, складировается в отвалах переработки фосфорного сырья, ежегодно списывается с государственного баланса, и только 2,2 тыс. т редкоземельных металлов производится при пере-

работке лопаритового концентрата с Ловозерского месторождения в Мурманской области¹.

Среди подготовленных для отработки месторождений следует выделить Томторское ниобий-редкоземельное. Задача его промышленного освоения сформулирована в «Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года» (2020 г.)², а также в «Стратегии социально-экономического развития Арктической зоны Республики Саха (Якутия) на период до 2035 года» (2020 г.)³.

В «Стратегии развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации до 2050 года», утвержденной распоряжением Правительства РФ от 11 июля 2024 г. № 1838-р, редкоземельные металлы относятся к стратегическим видам минерального сырья, которые имеют особое значение для развития национальной экономики⁴. С учетом того, что многие месторождения данного сырья расположены в Арктической зоне, среди новых вызовов и угроз в этом документе выделяется рост издержек на разведку и добычу полезных ископаемых, экологические вызовы, связанные с повышением экологических требований к добывающим компаниям, необходимость учета интересов коренных малочисленных народов и др.

Российская Арктика представляет собой весьма сложный и экологически уязвимый регион. С одной стороны, здесь находятся значительные пока не вовлеченные в экономику природные ресурсы, с другой — это область критических природно-климатических условий (низкие температуры, вечная мерзлота и др.), а также территория традиционного проживания коренных народов Севера.

В этих условиях большое значение имеет нахождение баланса между процессами экономического развития, сохранения природной среды и обеспечения условий традиционного природопользования местного населения [8]. Поиск такого эколого-экономического и социального равновесия могут осложнять наличие негативного опыта предыдущего

освоения многих северных и арктических территорий с накоплением в их пределах экологического ущерба [9] и формирование так называемых импактных территорий, где возможности естественной релаксации природной среды не справляются с имеющимися последствиями ее загрязнения [10].

Следует отметить, что Китай является одним из мировых лидеров в сфере добычи редкоземельного сырья и производства редкоземельных металлов. Там накоплен опыт разработки подобных месторождений, определения экологических издержек и минимизации причиненного ущерба [11], который может быть использован при промышленном освоении месторождений редкоземельных металлов в России.

Цель исследования состоит в разработке инструментов регулирования природопользования и охраны окружающей среды на рассматриваемой территории, а также в обосновании и развитии экономических методов, направленных на промышленное освоение Томторского месторождения редкоземельных металлов.

В качестве объекта исследования рассмотрен и проанализирован проект разработки Буранного участка Томторского ниобий-редкоземельного месторождения, расположенного в Оленёкском эвенкийском национальном районе Республики Саха (Якутия). Этот объект является одновременно эталонным и в то же время уникальным по многим параметрам, но прежде всего по качеству стратегического сырья и запасам рудных образований [12].

Обзор литературных источников

В [13] анализируются направления использования редкоземельных металлов в возобновляемой энергетике и обеспечении низкоуглеродного развития экономики. Новые проекты промышленного освоения месторождений полезных ископаемых в Арктике должны быть ориентированы не только на получение максимальных доходов от добычи минерального сырья, но и на минимизацию ущерба природе при их реализации, а также на учет интересов родовых общин коренных народов. При этом необходимо решать помимо технологических и экономических вопросов [14] также социальные и правовые проблемы [15].

Следует учитывать, что подобные проекты промышленного освоения Арктики, в том числе проект по освоению месторождения Томтор, должны способствовать кардинальному улучшению качества жизни местного населения, живущего и без того в особо тяжелых природно-климатических условиях Крайнего Севера [16], поскольку промышленное развитие территории в этом случае будет способствовать повышению бюджетной обеспеченности арктических регионов, росту доходов живущих на этой земле людей [17].

В [18] анализируется воздействие разработки месторождений редкоземельных металлов в Арктической зоне страны на состояние окружающей среды, а в [19] также показано, как вопросы защиты окружающей среды и обеспечения интересов мест-

¹ О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2023 году. Государственный доклад. — М.: Минприроды России; ООО «Интеллектуальная аналитика»; ФГБУ «Дирекция НТП»; Фонд эколог. мониторинга и междунар. технолог. сотрудничества, 2024. — 707 с.

² Указ Президента РФ «О Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года» от 26 октября 2020 г. № 645. — URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45972>.

³ Указ главы Республики Саха (Якутия) «О Стратегии социально-экономического развития Арктической зоны Республики Саха (Якутия) на период до 2035 года» от 14 августа 2020 г. № 1377. — URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/1400202008170001>.

⁴ Стратегия развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации до 2050 года. — Утв. распоряжением Правительства РФ от 11 июля 2024 г. № 1838-р. — URL: <http://static.government.ru/media/files/TNB3oQkPRJTmDE3AMaxuTn2KRSHG9X0S.pdf>.

ного населения могут влиять на согласование проекта с надзорными органами.

В [20] рассматриваются различного рода социально-экономические и экологические риски, связанные с выбором маршрутов транспортировки руды из Томторского месторождения на переработку. Установлено, что при обосновании выбора маршрутов перевозки редкоземельного сырья приоритетное значение имеют экологические и социальные критерии, связанные с минимизацией воздействия на земельные и водные ресурсы, на здоровье населения.

Кроме рассмотренных в упомянутых публикациях принципиальных вопросов необходимо обращать внимание и на аспекты, связанные с предстоящей отработкой месторождения, учитывая его комплексность, на что неоднократно обращалось внимание на самом первом этапе рассмотрения вопросов освоения объекта [21]. Позже на первый план встали технологические и сопутствующие им проблемы, рассмотренные в [22], напрямую влияющие на инвестиционную привлекательность объекта и эффективность будущего предприятия [23]. При этом необходимо учитывать также новые возможности получения максимального кумулятивного эффекта при извлечении максимального количества индивидуальных редкоземельных элементов из единого источника, которым является Томтор, что детально рассмотрено в [24].

Немаловажен также комплексный подход к освоению территории с учетом необходимости вовлечения в промышленную отработку других месторождений, расположенных поблизости в Арктической зоне и также имеющих стратегическое значение, например, Попигайского месторождения сверхтвёрдого абразивного материала. Это наглядно показано в [25] и должно учитываться при разработке проекта освоения Томторского месторождения, равно как и кооперация с предприятиями, работающими в данном регионе по отработке алмазных россыпей [26].

Материалы и методы

Исследование базируется на методологии проектного управления [27], а также на концепции совместного использования выгод от разработки полезных ископаемых добывающими компаниями и коренным населением [28], что позволяет гармонизировать взаимодействие заинтересованных сторон [29]. Но в целом при освоении арктических месторождений необходимо постоянно иметь в виду превалирующую роль государства в лице госкорпораций, как это наглядно показано в [30]. Применение проектного подхода к развитию редкоземельной промышленности позволяет учитывать не только отдельные проекты по добыче и переработке руды, но и межотраслевые взаимосвязи и мультипликативные эффекты [31]. Это позволяет дать оценку возможных потерь экологического характера, связанных с добычей, транспортировкой и переработкой руды.

В рамках исследования применялись методы оценки ущерба от загрязнения окружающей среды при добыче редкоземельных металлов, методы

оценки затрат и выгод при освоении месторождений полезных ископаемых, эколого-экономический анализ, методы этнологической экспертизы проектов.

В [32] для оценки эффективности проектов освоения редкоземельных руд предлагается использовать опционный подход, что позволяет сопоставлять и учитывать как негативные факторы, так и выгоды от скрытых возможностей проекта, включая эффекты от реализации конечной продукции.

Результаты и обсуждение

Крайне высокая значимость Томторского проекта вытекает из современного состояния импортозависимости российских предприятий по редкоземельным продуктам [33]. По данным государственного доклада «О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2022 году», Томторское месторождение (участок Буранный), расположенное в Арктической зоне Республики Саха (Якутия), имеет геолого-промышленный тип — коры выветривания карбонатов, его запасы (ΣTR_2O_3) на 1 января 2023 г. по категориям A+B+C₁ составляют 2640,4 тыс. т, по категории C₂ — 592,5 тыс. т. Его доля в запасах России равняется 11,3%, а содержание редкоземельных металлов в рудах составляет 11,99%⁵. Площадь данного участка недр составляет 12 км².

Необходимо учитывать, что район расположения месторождения практически не освоен, что объясняется критическими природно-климатическими условиями (вечной мерзлотой, высокой речной сетью и болотистой почвой, сложностями при строительстве дорог и др.). В то же время в непосредственной близости в Анабарском и Оленёкском районах вот уже более 25 лет успешно отрабатываются алмазные россыпи реки Анабар и ее притоков, что свидетельствует о возможности компромиссов между промышленностью, экономикой и охраной окружающей среды. Кроме того, земельные участки в зоне добычи и транспортировки руды относятся к территориям традиционного природопользования, где осуществляют свою деятельность (оленьеводство, охоту, рыболовный промысел и др.) коренные малочисленные народы Севера.

На базе Томторского месторождения компания ООО «Восток Инжиниринг» (ООО «ТриАрк Майнинг») планирует добычу и предварительное обогащение (сортировку) рудной массы с отделением богатой ниобием руды. Разработка месторождения будет вестись открытым способом. Проектная годовая добыча руды — до 1,66 млн т с получением 160 тыс. т богатой руды и складированием руды пониженного качества. Согласно проекту, богатая руда будет транспортироваться на переработку и обогащение на Краснокаменский гидрометаллур-

⁵ Государственный доклад «О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2022 году». — М.: Роснедра, 2023. — 640 с. — URL: <https://rosnedra.gov.ru/activity/documents/gosudarstvennyy-doklad-2022/>.

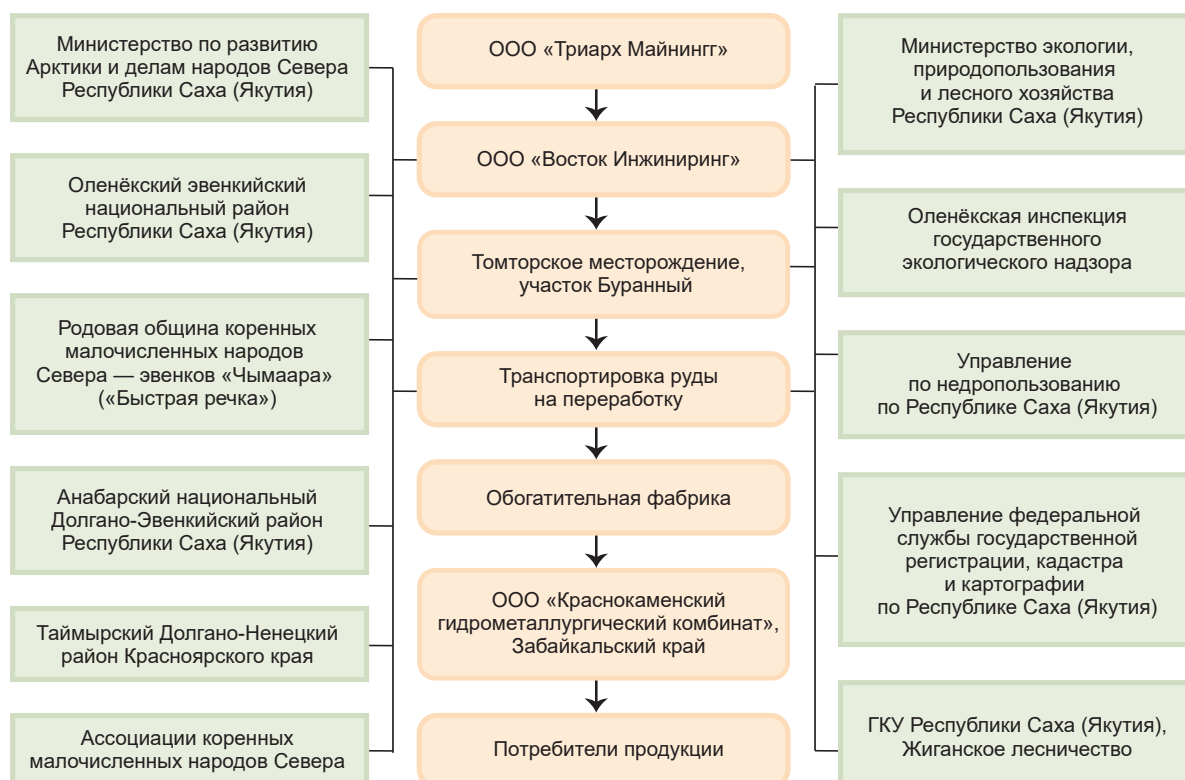


Рис. 1. Участники и заинтересованные стороны в ходе реализации проекта по освоению месторождения Томтор. Составлено авторами

Fig. 1. Participants and stakeholders during the implementation of the Tomtor field development project. Compiled by the authors

гический комбинат (Краснокаменск, Забайкальский край) с получением редкоземельного концентрата. На рис. 1 показаны участники и заинтересованные стороны в ходе реализации проекта по освоению Томторского месторождения.

Установлено, что данный проект в целом окажет положительное влияние на социально-экономическое развитие страны и арктического региона. Это будет проявляться в создании необходимой ресурсной базы для высокотехнологического производства, обеспечении потребностей внутреннего рынка (импортозамещении) и экспорта редкоземельных металлов, развития объектов транспортной и социальной инфраструктуры, создания новых рабочих мест, повышения доходов населения, в том числе представителей коренных малочисленных народов Севера. С учетом того, что в дальнейшем произведенная продукция из редкоземельного сырья будет использоваться в сфере возобновляемой энергетики (ветровые турбины, солнечные батареи, аккумуляторы для электромобилей и др.), данный проект будет важен для снижения выбросов парниковых газов и низкоуглеродного развития экономики в целом.

С другой стороны, освоение Томторского месторождения может оказать негативное воздействие на природные системы, включая нарушение земель, изменение мерзлотности почв, загрязнение водных объектов, почвы, атмосферы, а также вызвать потери у местного населения в результате временного

изъятия земель традиционного природопользования, оленьих пастбищ и т. д. в процессе добычи и транспортировки руды на переработку. При открытой разработке твердых полезных ископаемых значительным изменениям подвергаются не только недра, но и элементы ландшафта, растительный и животный мир, рыбные ресурсы, подземные воды. Следует учитывать также, что томторские руды являются слабо-радиоактивными образованиями за счет содержания примеси тория, и при интенсивном запылении этими продуктами в процессе добычи и транспортировки возможно увеличение радиоактивного фона. Как отмечается в государственном докладе «О состоянии и использовании минерально-сырьевой базы Российской Федерации в 2019 году», существенными проблемами при реализации проекта освоения месторождения являются обеспечение норм радиационной и экологической безопасности при транспортировке руды к месту переработки, а также хранение и захоронение радиоактивных отходов производства⁶.

Возможное повышение радиационного фона в зоне добычи и транспортировки руды на Томтор-

⁶ Государственный доклад «О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2019 году». — М.: М-во природ. ресурсов и экологии Российской Федерации, 2020. — С. 303–304. — URL: https://rosnedra.gov.ru/activity/documents/gosudarstvennyy_doklad_2019/.



Рис. 2. Общий вид месторождения Томтор, вахтовый поселок, ангар для хранения проб руды. Март 2022 г. Фото И. М. Потравного
Fig. 2. A General view of the Tomtor deposit, shift settlement, a hangar for storing ore samples and monitoring its radioactive background. March 2022. Photo by I. M. Potravny

ском месторождении вызывает серьезную и оправданную обеспокоенность у местного населения. Отметим, что специальные радиозоологические исследования, которые проводились после завершения разведки месторождения, показали незначительность изменения радиационного фона [34]. На рис. 2 показан общий вид месторождения.

В экономических расчетах проект разработки участка Буранный Томторского месторождения рассматривается как часть технологической цепочки производства конечных товарных продуктов и соответственно лишь как ограниченная доля расходов по производству работ добывающего предприятия. В то же время наибольшие расходы при переработке томторского сырья приходятся на гидрометаллургический передел. Поэтому на себестоимость добычи (3,4 млрд руб. в год) приходится всего 22% стоимости реализации конечной продукции (табл. 1).

Аналогично рассматриваются природоресурсные затраты только в части расходов, связанных с работой непосредственно на участке недр (табл. 2).

В то же время для редкоземельного сырья данного проекта имеется проблема множественности конечных товарных редкоземельных продуктов [35]. Так, на 1 т выхода из томторского сырья наиболее ценного оксида неодима (88,1 долл./кг) приходится всего 0,33 т также дорогого оксида празеодима (84,5 долл./кг), но значительно больший выход относительно дешевых продуктов (лантана и церия), переизбыток которых уже наблюдается на мировом рынке, что неизбежно приведет к дальнейшему снижению цен на них [36].

Анализ воздействия добычи и переработки редкоземельных ресурсов в Китае на состояние окружающей среды

Пространственное распределение редкоземельных ресурсов в Китае сконцентрировано, формируя схему производства редкоземельных металлов «легкие на севере и тяжелые на юге». На руднике Байюн Эбо в городе Баотоу (Внутренняя Монголия), который является редким полиметаллическим ред-

Таблица 1. Себестоимость годовой добычи руды на участке Буранный Томторского месторождения
Table 1. Cost of annual ore production at the Buranny site of the Tomtor deposit

Статья затрат	Норматив	Суммарные затраты, млн руб.
Добычные работы	910 руб./т	1510,6
Обогащение руды	235 руб./т	370,1
Природоресурсные затраты	Прямой расчет	5,7
Общепроизводственные работы	25% основных затрат	470,0
Накладные расходы	15% основных затрат	282,0
Налог на добычу полезных ископаемых	4,8% реализации	747,8
Прочие налоги, включаемые в себестоимость продукции	Прямой расчет	16,5
<i>Всего</i>		3404,7

Примечание. Составлено авторами.

Note. Compiled by the authors.

Таблица 2. Годовые природоресурсные затраты на участке Буранный Томторского месторождения в пределах разрешенных загрязнений природной среды

Table 2. Annual natural resource costs at the Buranny site of the Tomtor deposit within the limits of permitted environmental pollution

Статья затрат	Затраты, тыс. руб.
Аренда лесных земель	4515
Забор воды	235
Плата за выбросы загрязняющих веществ в атмосферу	246
Плата за сбросы загрязняющих веществ в водные объекты	455
Плата за размещение отходов производства	132
Сбор за пользование объектами животного мира	20
Сбор за пользование объектами водных биологических ресурсов	100
<i>Всего</i>	5703

Примечание. Составлено авторами.

Note. Compiled by the authors.

коземельным рудником железа, ниобия и редкоземельных элементов, в течение 50 лет в основном добывали железо, коэффициент извлечения редкоземельного сырья был низкий (50—60%), а комплексное использование редкоземельных элементов составляет всего около 10%. В результате добычи и переработки редкоземельного сырья образуется большое количество «трех отходов» (сточные воды, отходы и отходящие газы). При этом плавильный шлак и опасные отходы в основном относятся к химическим отходам, содержащим радионуклиды.

Добыча ионных редкоземельных руд на юге страны претерпела изменения от бассейнового выщелачивания, кучного выщелачивания до подземного

выщелачивания. Хотя эта технология позволяет повысить степень извлечения редких земель, существуют некоторые экологические проблемы. Они состоят в том, что остатки выщелачивающего агента в рудном теле могут попасть в водные объекты, что повлияет на экологическую обстановку.

Кроме того, на редкоземельном руднике Байюн Эбо в процессе добычи руды образуются выбросы пыли, объем которой составляет более 60 т в год, видимость вблизи обогатительной фабрики значительно снижается, что влияет на жизнедеятельность людей, пыль переносится с ветром, при этом она имеет повышенную радиоактивность, уровень загрязнения почвы при этом превышен в 49 раз. Еще более

Таблица 3. Среднегодовые затраты на очистку единицы загрязняющих веществ на трех основных редкоземельных рудниках Китая, юаней/т

Table 3. Average annual cost of cleaning up one unit of pollutants in three China main rare earth mines, yuan/ton

Вид редкоземельной руды	Вид загрязняющего вещества					
	Сточные воды	Диоксид серы	Дым	Фторид	Плавильный шлак	Опасные отходы
Смешанная редкоземельная руда	29	1478	468	1614	29	1170
Фтор, углерод, цериевые руды	51	1478	468	1614	29	1170
Ионная редкоземельная руда	74	1478	468	1614	29	1170

Источник: Экологические издержки и пространственные различия в разработке и использовании редкоземельных ресурсов в Китае, июнь 2017 г. Китайская академия наук, сайт научных исследований в области экологии: <http://www.hjkxyj.org.cn/hjkxyj/ch/index.aspx>.

Source: Environmental Costs and Spatial Differences in the Development and Use of Rare Earth Resources in China, June 2017, Chinese Academy of Sciences, Environmental Research Website: <http://www.hjkxyj.org.cn/hjkxyj/ch/index.aspx>.

серьезный момент — такая пыль содержит фтор и высокорadioактивный элемент торий. Тем самым увеличивается содержание фтора в почве и воде в результате его оседания на поверхность через атмосферные осадки, что влияет на жизнедеятельность растений, животных и людей. Образование хвостохранилищ при разработке редкоземельных ресурсов на месторождении не только приводит к радиоактивному загрязнению, но и несет угрозу опасности для рыбных ресурсов, животных, снижения урожая сельскохозяйственных культур из-за засоления обширных болотистых земель. Сточные воды из хвостохранилища могут просачиваться в Желтую реку и создавать угрозу для водообеспечения населения.

В результате разработки месторождения редкоземельных металлов более чем за 20 лет в городах Нинчжун и Синьнин (провинция Гуандун) страдает местное население в результате загрязнения окружающей среды из-за накопления хвостового песка, что приводит к снижению качества питьевой воды. При добыче ионных редкоземельных металлов на юге страны методом выщелачивания нарушается почвенный покров, уничтожается растительность, загрязняются почвы. В табл. 3 приведена оценка затрат на очистку единицы загрязняющих веществ по основным редкоземельным месторождениям.

Экологические затраты на смешанном редкоземельном руднике Байюн Эбо в Баотоу в настоящее время составляют более 400 млн юаней в год, из которых на долю управления твердыми отходами приходится более 90%. Добычу и производство редкоземельных металлов в Китае сопровождают высокие экологические издержки (табл. 4). В то же время используемая в стране система ценообразования на редкоземельные ресурсы не в полной мере отражает внешние затраты на охрану окружающей среды. С учетом затрат на экологическое управле-

ние цена на оксиды редкоземельных металлов может составить 25 509 юаней/т ⁷.

Меры экономического регулирования и поддержки освоения Томторского месторождения

Задача минимизации экологического ущерба в данном горнорудном проекте освоения ресурсов недр должна решаться на основе финансирования адресных природоохранных мероприятий. Имеющиеся государственные сборы платы за нарушение исходных природных условий в рамках разрешенных уровней загрязнений природной среды для Томторского проекта, по оценкам авторов, могут составить 5,7 млн руб./год, или 0,77% годового финансового потока добывающего производства (без этапа переработки добытого сырья).

В мировой практике распространено использование налоговых доходов от добычи полезных ископаемых в виде адресных дотаций на нужды общин коренных народов с локализацией разработки месторождений. В Канаде на территории Нунавута представители коренных народностей иннуиты (эскимосы) получают компенсационные выплаты (рентную плату) от полезных ископаемых [37]. В [38] для поддержки и стимулирования интереса местных жителей эвенкийского национального Оленёкского улуса (около 4,3 тыс. человек) предлагается выплачивать им аналогичный рентный доход от добычи редкоземельных металлов на месторождении Томтор.

Следует отметить, что затраты на освоение этого месторождения достаточно высоки и, по оценкам, составляют порядка 560 млн руб. Очевидно, что промышленное развитие на арктических территориях требует государственной поддержки. Для этих целей

⁷ По состоянию на январь 2025 г. 1 июнь равнялся 13,93 руб.

Таблица 4. Среднегодовые затраты на очистку и контроль загрязнения окружающей среды при производстве редкоземельных металлов в Китае, млн юаней

Table 4. Average annual cost of cleaning up and monitoring environmental pollution in rare earth metal production in China, million yuan

Вид редкоземельной руды	Направления негативного воздействия на окружающую среду			Затраты на охрану окружающей среды
	Сточные воды	Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу	Твердые отходы	
Смешанные редкоземельные руды	72,83	52,0	77,67	202,50
Руды, содержащие фтор, углерод и церий	59,78	1,72	11,84	64,35
Ионные редкоземельные руды	19,43	1,0	0,02	20,45
Итого	143,04	54,71	89,54	287,29

Источник: Экологические издержки и пространственные различия в разработке и использовании редкоземельных ресурсов в Китае. — Июнь 2017 г. — URL: <http://www.hjkxyj.org.cn/hjkxyj/ch/index.aspx>.

Source: Environmental costs and spatial differences in the development and use of rare earth resources in China. June 2017. Available at: <http://www.hjkxyj.org.cn/hjkxyj/ch/index.aspx>.

могут быть использованы механизмы привлечения инвестиций в рамках государственно-частного партнерства⁸. Такой подход актуален для Арктики в секторе добычи и переработки полезных ископаемых. Объем финансирования строительства объекта при этом должен составлять не менее 10 млрд руб., причем инвестор должен вкладывать собственные средства в объеме не менее 15%, т. е. 1,5 млрд руб.

Существующее в настоящее время положение со значимой задержкой в освоении данного стратегически важного месторождения владельцем лицензии требует решения вопроса об ускорении выделения необходимых инвестиций или передачи лицензии на его отработку более компетентному недропользователю, нацеленному в соответствии с интересами государства на конечный результат. В этом контексте возможна также национализация оператора месторождения. С учетом вклада редкоземельных металлов в возобновляемую энергетику, низкоуглеродное развитие в [39] предлагается использовать часть средств от углеродного налога на финансирование и поддержку, в частности, проектов по освоению месторождений редкоземельного сырья.

Закключение

Выявленные основные проблемы, связанные с промышленным освоением ниобий-редкоземельного месторождения Томтор в Арктической зоне Якутии, включая сложные природно-климатические и технологические условия разработки месторожде-

ния, неосвоенность территории, отсутствие инфраструктуры, деятельность родовых общин коренных народов Севера в зоне добычи и транспортировки руды и др., требуют принятия комплекса мер, направленных на гармонизацию интересов и потребностей всех заинтересованных сторон.

Для учета интересов коренных народов Севера добывающей компании необходимо провести в соответствии с требованиями законодательства этнологическую экспертизу проекта и проверку его воздействия на этническую среду. Кроме того, следует рассмотреть возможности выплаты местному населению рентного дохода от добычи ниобия и редкоземельных металлов на данном месторождении.

Учитывая высокие затраты инвестора на разработку месторождения и значительные инвестиции на его освоение, предлагается усилить меры государственной поддержки при разработке месторождений стратегически важных ресурсов, в том числе путем привлечения средств в проект на основе государственно-частного партнерства. Кроме того, с учетом вклада редкоземельных металлов в низкоуглеродную экономику и развитие возобновляемой энергетики предлагается рассмотреть использование части средств от углеродного налога, который намечено ввести в обозримом будущем в России, на финансирование и поддержку проектов по освоению месторождений редкоземельного сырья.

Анализ опыта Китая по освоению месторождений редкоземельных металлов и переработке руды свидетельствует о высоких экологических издержках, связанных с воздействием таких проектов на объекты окружающей среды. Экологические издержки при добыче и производстве редкоземельных металлов предлагается учитывать при определении стоимости готовой продукции и оценке эффективности проекта в целом, что позволит учитывать их в цене

⁸ Федеральный закон «О внесении изменений в Федеральный закон “О государственно-частном партнерстве, муниципально-частном партнерстве в Российской Федерации” и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 8 августа 2024 г. № 302-ФЗ. — URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202408080122>.

на готовую продукцию, создать условия для равной конкуренции на рынке редкоземельной продукции.

В рамках проектного подхода предлагается производить оценку затрат и выгод при разработке данного месторождения на всех этапах его жизненного цикла, включая освоение месторождения, добычу и транспортировку руды, обогащение, переработку концентратов и производство готовой продукции из редкоземельного сырья, а также ее использование в народном хозяйстве.

Литература/References

1. Дудин М. Н. Национальные приоритеты в сфере институционально-инновационного недропользования арктических территорий // Нац. интересы: приоритеты и безопасность. — 2015. — Т. 11, № 8 (293). — С. 13—23.
Dudin M. N. National Priorities in the Field of Institutional and Innovative Subsoil Use of the Arctic Territories. National interests: priorities and security, 2015, vol. 11, no. 8 (293), pp. 13—23. (In Russian).
2. Яковлев В. Л., Яковлев В. А. Особенности методологического подхода к оценке минерально-сырьевого потенциала регионов Арктической зоны // Природ. ресурсы Арктики и Субарктики. — 2018. — Т. 24, № 2. — С. 49—57. — DOI: 10.31242/2618-9712-2018-24-2-49-57.
Yakovlev V. L., Yakovlev V. A. Features of methodological approach to assessment of mineral and raw material potential of Arctic regions. Arctic and Subarctic Natural Resources, 2018, vol. 23, no. 2, pp. 49—63. Available at: <https://doi.org/10.31242/2618-9712-2018-24-2-49-57>. (In Russian).
3. Крюков В. А., Крюков Я. В. Экономика Арктики в современной системе координат // Контуры глобальных трансформаций: политика, экономика, право. — 2019. — Т. 12, № 5. — С. 25—52. — DOI: 10.23932/2542-0240-2019-12-5-25-52.
Kryukov V. A., Kryukov Ya. V. The Economy of the Arctic in the Modern Coordinate System. Outlines of Global Transformations: Politics, Economics, Law, 2019, vol. 12, no. 5, pp. 25—52. DOI: 10.23932/2542-0240-2019-12-5-25-52. (In Russian).
4. Савостова Т. Л., Бирюков А. Л. Эффективное управление северными территориями России: проектно-ориентированный подход // Природообустройство. — 2018. — № 1. — С. 99—105. — DOI: 10.26897/1997-6011/2018-1-99-105.
Savostova T. L., Biryukov A. L. Efficient Management of the Northern Territories of Russia: Project-Oriented Approach. Prirodoobustroistvo [Environmental management], 2018, no. 1, pp. 99—105. DOI: 10.26897/1997-6011/2018-1-99-105. (In Russian).
5. Крутиков А. В., Смирнова О. О., Бочарова Л. К. Стратегия развития российской Арктики. Итоги и перспективы // Арктика и Север. — 2020. — № 40 (40). — С. 254—269. — DOI: 10.37482/issn2221-2698.2020.40.254.
Krutikov A. V., Smirnova O. O., Bocharova L. K. Strategy for the development of the Russian Arctic. Re-

sults and prospects. Arktika i Sever [Arctic and North], 2020, no. 40, pp. 254—269. DOI: 10.37482/issn2221-2698.2020.40.254. (In Russian).

6. Белов С. В., Скрипниченко В. А. Особенности пространственного развития производственных комплексов минерально-сырьевой базы твердых полезных ископаемых в российской Арктике // Междунар. науч.-исслед. журн. — 2022. — № 5-4 (119). — С. 136—141. — DOI: 10.23670/IRJ.2022.119.5.132.

Belov S. V., Skripnichenko V. A. Specifics of Spatial Development of Manufacturing Complex of Mineral Resources Solid Minerals Base in the Russian Arctic. International Scientific Research J., 2022, no. 5-4 (119), pp. 136—141. DOI: 10.23670/IRJ.2022.119.5.132. (In Russian).

7. Филимонова И. В., Иванова М. В., Кузнецова Е. А., Козьменко А. С. Оценка эффективности организации новых центров экономического роста в Арктике // Арктика и Север. — 2023. — № 50. — С. 66—88. — DOI: 10.37482/issn2221-2698.2023.50.66.

Filimonova I. V., Ivanova M. V., Kuznetsova E. A., Kozmenko A. S. Assessment of Effectiveness of New Economic Growth Centers in the Arctic. Arktika i Sever [Arctic and North], 2023, no. 50, pp. 66—88. DOI: 10.37482/issn2221-2698.2023.50.66. (In Russian).

8. Novoselov A., Potravny I., Novoselova I., Gassiy V., Shar-kova A. Harmonization of interests during Arctic industrial development: The case of mining corporation and indigenous peoples in Russia. Polar Science, 2023, vol. 35, no. 100915. DOI: 10.1016/j.polar.2022.100915.

9. Потравный И. М., Новиков А. В., Чавез Феррейра К. Й. Ликвидация объектов накопленного экологического ущерба в прибрежной арктической зоне на основе методов ESG-финансирования // Экология и пром-сть России. — 2022. — Т. 26, № 10. — С. 60—65. DOI: 10.18412/1816-0395-2022-10-60-65.
Potravny I. M., Novikov A. V., Chávez Ferreyra K. Ye. Liquidation of Objects of Accumulated Environmental Damage in the Coastal Arctic Zone Based on ESG-financing Methods. Ecology and Industry of Russia, 2022, vol. 26, no. 10, pp. 60—65. DOI: 10.18412/1816-0395-2022-10-60-65. (In Russian).

10. Евсеев А. В., Красовская Т. М., Черешня О. Ю. Импактные районы российской Арктики: перспективы развития // ИнтерКарто. ИнтерГИС. — 2021. — Т. 27, № 1. — С. 229—237. — DOI: 10.35595/2414-9179-2021-1-27-229-237.

Evseev A. V., Krasovskaya T. M., Cheresnia O. Yu. Impact areas of the Russian Arctic: development prospects. InterCarto. InterGIS, 2021, vol. 27, no. 1, pp. 229—237. DOI: 10.35595/2414-9179-2021-1-27-229-237. (In Russian).

11. Fan J. H., Omura A., Roca E. Geopolitics and rare earth metals. European J. of Political Economy, 2022, p. 102356. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ejpoleco.2022.102356>.

12. Лапин А. В., Толстов А. В., Куликова И. М. Уникальные ультрабогатые редкометалльные руды массива Томтор (Якутия) и проблема их генезиса //

- Минералогия. — 2019. — Т. 5, № 3. — С. 70—87. — DOI: 10.35597/2313-545X-2019-5-3-70-88.
- Lapin A. V., Tolstov A. V., Kulikova I. M. Unique Ultra-Rich-Rare-Metal Ores of the Tomtor Complex and Problem of Their Genesis. *J. Mineralogy*, 2019, vol. 5, no. 3, pp. 70—87. DOI: 10.35597/2313-545X-2019-5-3-70-88. (In Russian).
13. Потравный И. М., Яшалова Н. Н., Новиков А. В., Чжао Цзиэр. Использование редкоземельных металлов в возобновляемой энергетике: возможности и риски // Экология и пром-сть России. — 2024. — Т. 28, № 1. — С. 11—15. — DOI: 10.18412/1816-0395-2024-1-11-15.
- Potravnny I. M., Yashalova N. N., Novikov A. V., Jier Zhao. Use of Rare Earth Metals in Renewable Energy: Opportunities and Risks. *Ecology and Industry of Russia*, 2024, vol. 28, no. 1, pp. 11—15. DOI: 10.18412/1816-0395-2024-1-11-15. (In Russian).
14. Мочалова Л. А. Нормативно-правовое обеспечение перехода горных предприятий на наилучшие доступные технологии // Гор. журн. — 2019. — № 1. — С. 28—33. — DOI: 10.17580/gzh.2019.01.06.
- Mochalova L. A. Regulatory and Legal Framework for Transition to the Best Available Techniques in Mining. *Gornyi Zhurnal*, 2019, no. 1, pp. 28—33. DOI: 10.17580/gzh.2019.01.06. (In Russian).
15. Кондрашев А. А., Зенкина А. Б., Роньжина О. В. Правовой режим арктических территорий РФ и предоставление особых прав коренным (аборигенным) народам // Научный ежегодник Института философии и права Уральского отделения Российской академии наук. — 2018. — Т. 18, № 1. — С. 59—78. — DOI: 10.17506/ryipl.2016.18.1.5978.
- Kondrashev A., Zenkina A., Ronzhina O. Legal regime of Arctic territories of Russian Federation and granting special rights to indigenous (aboriginal) peoples]. *Scientific Yearbook of the Institute of Philosophy and Law of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences*, 2018, vol. 18, no. 1, pp. 59—78. (In Russian).
16. Ноговицын Р. Р., Софронова Т. С., Потравная Е. В. Качество жизни коренных малочисленных народов Севера в контексте промышленного освоения Арктики (на примере Арктической зоны Якутии) // Арктика: экология и экономика. — 2024. — Т. 14, № 1. — С. 147—157. — DOI: 10.25283/2223-4594-2024-1-147-157.
- Nogovitsyn R. R., Sofronova T. S., Potravnaya E. V. The quality of life of indigenous peoples of the North in the context of industrial development of the Arctic (on the example of the Arctic zone of Yakutia). *Arctic: Ecology and Economy*, 2024, vol. 14, no. 1, pp. 147—157. DOI: 10.25283/2223-4594-2024-1-147-157. (In Russian).
17. Nogovitsyn R. R., Sofronova T. S., Potravnaya E. V. Assessment of the Budgetary Security of the Arctic Regions in Order to Equalize Incomes and Improve the Welfare of the Population. *Studies on Russian Economic Development*, 2023, vol. 34, no. 5, pp. 660—668. DOI: 10.1134/S1075700723050118.
18. Ресин В. И., Чжао Ц. Обоснование проектов развития месторождений редкоземельных металлов в арктической зоне России с учетом их воздействия на окружающую среду // Горизонты экономики. — 2024. — № 1 (81). — С. 88—96.
- Resin V. I., Zhao J. Justification of projects for the development of rare earth metal deposits in the Arctic zone of Russia, taking into account their impact on the environment. *Horizons of economics*, 2024, no. 1 (81), pp. 88—96. (In Russian).
19. Самсонов Н. Ю., Крюков Я. В., Яценко В. А., Толстов А. В. Редкоземельное сырье Томтора: есть ли компромисс между экологией и социально-экономическими эффектами? // Инноватика и экспертиза. — 2018. — Вып. 1 (23). — С. 116—122.
- Samsonov N. Yu., Kryukov Ya. V., Yatsenko V. A., Tolstov A. V. Rare-Earth Raw Material of Tomtor Deposit: Is There a Compromise Between Ecology and Socio-Economic Effects? *Innovation and Expertise*, 2018, no. 1 (23), pp. 116—122. (In Russian).
20. Potravny I., Novoselov A., Novoselova I., Chávez Ferreyra K. Ye., Gassiy V. Route Selection for Minerals' Transportation to Ensure Sustainability of the Arctic. *Sustainability*, 2022, vol. 4 (23), p. 16039. DOI: 10.3390/su142316039.
21. Толстов А. В., Гунин А. П. Комплексная оценка Томторского месторождения // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер. Геология. — 2001. — № 11. — С. 144—160.
- Tolstov A. V., Gunin A. P. Comprehensive assessment of the mine Tomtorskoye. *Proceedings of Voronezh State University. Ser. Geology*, 2001, no. 11, pp. 144—160. (In Russian).
22. Толстов А. В., Самсонов Н. Ю. Томтор: геология, технологии, экономика // ЭКО. — 2014. — № 2 (476). — С. 36—44.
- Tolstov A. V., Samsonov N. Yu. Tomtor: Geology, technologies, economics. *ECO*, 2014, no. 2 (476), pp. 36—44. (In Russian).
23. Толстов А. В., Похиленко Н. П., Лапин А. В. и др. Инвестиционная привлекательность Томторского месторождения и перспективы ее повышения // Разведка и охрана недр. — 2014. — № 9. — С. 25—30.
- Tolstov A. V., Pokhilenko N. P., Lapin A. V., Kryukov V. A., Samsonov N. Yu. Investment appeal of Tomtor deposit and prospect of its increase. *Prospect and Protection of Mineral*, 2014, no. 9, pp. 25—30. (In Russian).
24. Толстов А. В., Похиленко Н. П., Самсонов Н. Ю. Новые возможности получения редкоземельных элементов из единого арктического сырьевого источника // Журн. Сибир. федер. ун-та. Сер. Химия. — 2017. — Т. 10, № 1. — С. 125—138. — DOI: 10.17516/1998-2836-0012.
- Tolstov A. V., Pokhilenko N. P., Samsonov N. Yu. New opportunities for producing rare earth elements one of the Arctic raw material source. *J. of Siberian Federal University. Ser. Chemistry*, 2017, vol. 10, no. 1, pp. 125—138. DOI: 10.17516/1998-2836-0012. (In Russian).
25. Крюков Я. В., Толстов А. В., Афанасьев В. П. и др. Обеспечение российской промышленности высокотехнологичной сырьевой продукцией на основе гигантских месторождений Арктики — Томторского ниобий-редкоземельного и Попигаевского сверх-

твёрдого абразивного материала // Север и Арктика в новой парадигме мирового развития: Лузинские чтения-2016, Апатиты, 14—16 апреля 2016 года. — Апатиты: Ин-т экон. проблем им. Г. П. Лузина Кольского науч. центра РАН, 2016. — С. 204—206.

Kryukov V. A., Tolstov A. V., Afanasyev V. P., Samsonov N. Yu., Kryukov Ya. V. Providing Russian industry with high-tech raw materials based on the giant deposits of the Arctic — Tomtorsk niobium-rare earth and Popigai superhard abrasive material. The North and the Arctic in a new paradigm of global development. Luzin Readings-2016. Apatity, April 14—16, 2016. Apatity, Luzin Institute of Economic Problems of the Kola Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 2016, pp. 204—206. (In Russian).

26. Похиленко Н. П., Афанасьев В. П., Толстов А. В. и др. Перспективы развития и проблемы освоения сырьевой базы дефицитных стратегических полезных ископаемых Сибири // Геология рудных месторождений. — 2023. — Т. 65, № 5. — С. 476—492. — DOI: 10.31857/S0016777023050088.

Pokhilenko N. P., Afanasiev V. P., Tolstov A. V., Kruk N. N., Pokhilenko L. N., Ivanova O. A. Perspectives of the development and problems of exploration of a resource base of deficient strategic mineral deposits of Siberia. *Geology of Ore Deposits*, 2023, vol. 65, no. 5, pp. 494—509. DOI: 10.31857/S0016777023050088. (In Russian).

27. Potravny I. M., Chavez Ferreyra K. Ye., Novikov A. V. Project Approach to Benefit Sharing during industrial Development of the Russian Arctic. *Eurasian Mining*, 2023, no. 1, pp. 29—32. DOI: 10.17580/em.2023.01.06.

28. Gassiy V., Potravny I. The compensation for losses to indigenous peoples due to the Arctic industrial development in benefit sharing paradigm. *Resources*, 2019, vol. 8, no. 2, p. 71. DOI: 10.3390/resources8020071.

29. Novoselov A., Potravny I., Novoselova I., Gassiy V., Sharkova A. Harmonization of interests during Arctic industrial development: The case of mining corporation and indigenous peoples in Russia. *Polar Science*, 2023, vol. 35, p. 100915. DOI: 10.1016/j.polar.2022.100915.

30. Похиленко Н. П., Крюков В. А., Толстов А. В., Самсонов Н. Ю. Создание сильной редкоземельной промышленности: без госкорпораций не осилить // ЭКО. — 2016. — № 8 (506). — С. 25—36.

Pokhilenko N. P., Kryukov V. A., Tolstov A. V., Samsonov N. Yu. Creating a strong rare earth industry in Russia: State corporations without not overpower. *ECO*, 2016, no. 8 (506), pp. 25—36. (In Russian).

31. Крюков В. А., Яценко В. А., Крюков Я. В. Взаимосвязь «РЗМ-энергопереход» в контексте проектов полного цикла // Геология руд. месторождений. — 2023. — Т. 65, № 5. — С. 416—427. — DOI: 10.31857/S0016777023050052.

Kryukov V. A., Yatsenko V. A., Kryukov Ya. V. The REM-Energy Transition Interrelation in the Context of Full-Cycle Projects. *Geology of ore deposits*, 2023, vol. 65, no. 5, pp. 416—427. DOI: 10.31857/S0016777023050052. (In Russian).

32. Яценко В. А., Самсонов Н. Ю., Крюков Я. В. Оценка инвестиционных проектов разработки и эксплуатации месторождений с комплексным составом руд методом реальных опционов на примере редкоземельного месторождения Томтор // Интерэкспо Гео-Сибирь. — 2018. — Т. 1, № 3. — С. 27—36.

Yatsenko V. A., Samsonov N. Yu., Kryukov Ya. V. Investment projects valuation of mining and operation of deposits with complex ore composition using the real options model by the example of rare earth Tomtor mine. *Interexpo GEO-Siberia*, 2018, vol. 1, no. 3, pp. 27—36. (In Russian).

33. Боярко Г. Ю., Хатков В. Ю. Торговля индивидуальными редкоземельными товарными продуктами на российском рынке // Цветные металлы. — 2017. — № 7. — С. 7—13. — DOI: 10.17580/tsm.2017.07.01.

Boyarko G. Yu., Khatkov V. Yu. Trading of Individual Rare-Earth Marketable Products on the Russian Market. *Tsvetnye Metally*, 2017, no. 7, pp. 7—13. DOI: 10.17580/tsm.2017.07.01. (In Russian).

34. Касаткин В. В., Касаткин А. В., Ильичев В. А. и др. Радиоэкологические исследования после завершения разведочных работ на Томторском редкометальном месторождении (Республика Саха (Якутия)) // Радиационная гигиена. — 2018. — Т. 11, № 4. — С. 18—27. — DOI: 10.21514/1998-426X-2018-11-4-18-27.

Kasatkin V. V., Kasatkin A. V., Ilyichev V. A., Sedov N. S., Vasilenko E. M., Evdokimov S. V. Post-prospecting Radioecological Surveys on the Tomtorskoye Rare Metal Deposit (Saha Republic (Yacutia)). *Radiatsionnaya Gigena [Radiation Hygiene]*, 2018, vol. 11, no. 4, pp. 18—27. DOI: 10.21514/1998-426X-2018-11-4-18-27. (In Russian).

35. Боярко Г. Ю. Основные и сопутствующие полезные компоненты комплексного минерального сырья: технологические и экономические проблемы их добычи и реализации // Минер. ресурсы России. Экономика и управление. — 2024. — № 5 (190). — С. 74—80.

Boyarko G. Yu. Basic and associated useful components of complex mineral raw materials: technological and economic problems of their extraction and realization. *Mineral'nye resursy Rossii. Ekonomika i upravlenie [Mineral Resources of Russia. Economics and Management]*, 2024, no. 5, pp. 74—80. (In Russian).

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

Delitsyn L. M., Melentyev G. B., Tolstov A. V., Magazina L. A., Samsonov A. E., Sudareva S. V. Technological Problems of Complex Processing of Tomtor and their Solution. *Rare Earths*, 2015, no. 2 (5), pp. 164—179. (In Russian).

37. Моргунов Е. В. Управление недропользованием в Канаде // Народонаселение. — 2014. — № 2 (64). — С. 121—131.

Morgunov E. V. Management of subsoil use in Canada. *Population*, 2014, no. 2 (64), pp. 121—131. (In Russian).

рождения редкоземельных металлов Республики Саха (Якутия) // Арктика: экология и экономика. — 2014. — № 4 (16). — С. 102—107.

Pakhomov A. A. Methods for determining the share of rental income in the development of the Tomtorskoye deposit of rare earth metals of the Republic of Sakha (Yakutia). Arctic: Ecology and Economy, 2014, no. 4 (16), pp. 102—107. (In Russian).

39. Чжао Цзиэр. Модель разработки месторождений редкоземельных металлов // Стандарты и качество. — 2025. — № 3 (1053). — С. 110—114. — DOI: 10.35400/0038-9692-2025-3-284-24.

Zhao Jier. A Model for the Development of Rare-Earth Metal Deposits. Standards and Quality, 2025, no. 3 (1053), pp. 110—114. DOI: 10.35400/0038-9692-2025-3-284-24. (In Russian).

Информация об авторах

Чжао Цзиэр, аспирант, Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова (115054, Россия, Москва, Стремянный пер., 36), e-mail: 3362361839@qq.com.

Боярко Григорий Юрьевич, доктор экономических наук, кандидат геолого-минералогических наук, профессор, Инженерная школа природных ресурсов, Национальный исследовательский Томский политехнический университет (634050, Россия, Томск, просп. Ленина, 13), e-mail: gub@tpu.ru.

DEVELOPMENT PROBLEMS AND PROSPECTS OF THE TOMTOR NIOBIUM-RARE EARTH DEPOSIT IN THE ARCTIC ZONE OF RUSSIA: ECOLOGICAL AND ECONOMIC ASPECTS

Jier, Zhao¹, Boyarko, G. Yu.²

¹ Plekhanov Russian University of Economics (Moscow, Russian Federation)

² Engineering School of Natural Resources, National Research Tomsk Polytechnic University (Tomsk, Russian Federation)

For citing

Jier Zhao, Boyarko G. Yu. Development problems and prospects of the Tomtor niobium-rare earth deposit in the Arctic Zone of Russia: ecological and economic aspects Arctic: Ecology and Economy, 2025, vol. 15, no. 2. pp. ?—?. DOI: 10.25283/2223-4594-2025-2-?-?. (In Russian).

The article was received on February 17, 2025

Abstract

The article analyzes the main problems associated with the industrial development of the Tomtor niobium-rare earth deposit in the Arctic zone of Yakutia. The authors have identified groups of factors influencing the development of this deposit, including: natural and climatic factors (low air temperatures, permafrost), technological factors (complex geological conditions of field development, undeveloped territory and ambiguity of mining technologies), economic factors (high costs of field development, lack of infrastructure, difficulties in attracting investments for the project), environmental factors (high environmental costs associated with the project impact on environmental objects, since the project affects the territories of traditional nature management of the indigenous peoples of the North, etc.). The researchers have analysed the Chinese experience in assessing the environmental impact of the development of rare earth metal deposits, and have given the characteristics of specific environmental costs in the production of rare earth products. The purpose of the study is to substantiate and develop methods aimed at the industrial development of the Tomtor deposit.

Keywords: rare earth metals, Russian Arctic Zone, project, Tomtor deposit, territories of traditional nature management, indigenous peoples, ecological and economic analysis.

Information about the authors

Jier Zhao, Graduate, Plekhanov Russian University of Economics (36, Stremyanny Lane, Moscow, Russia, 115054), e-mail: 3362361839@qq.com.

Boyarko, Grigory Yurievich, Doctor of Economy, PhD of Geological and Mineralogical Sciences, Professor, Engineering School of Natural Resources, National Research Tomsk Polytechnic University (13, Lenin Avenue, Tomsk, Russia, 634050), e-mail: gub@tpu.ru.