



ОБОСНОВАНИЕ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ ОСВОЕНИЯ ТЕХНОГЕННОГО ОТВАЛА С ВЫСОКОЙ КОНЦЕНТРАЦИЕЙ БАРИТА

М. В. Мишенин^{1,2}, Н. В. Юркевич¹, И. В. Филимонова^{1,2}, А. П. Саматова^{1,2}

¹Институт нефтегазовой геологии и геофизики имени А. А. Трофимука СО РАН, Новосибирск, Россия; ²Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

Выполнена оценка технико-экономического обоснования производства баритового концентрата из техногенного хвостохранилища, расположенного в г. Урск Кемеровской области. Оценены способы извлечения и варианты реализации полученного концентрата, рассчитаны основные показатели инвестиционного проекта и экономическая эффективность получения баритового концентрата. Проведен анализ формирования и развития рационального недропользования в России и за рубежом. Представлена периодизация различных подходов и развития контроля недропользователей со стороны государства в отношении правовых аспектов использования техногенных объектов. Рассмотрены терминологический аппарат техногенных отвалов и месторождений, проанализированы методические подходы к эколого-экономической и эколого-геологической оценкам инвестиционной привлекательности освоения техногенных объектов. Выполнены расчеты комплексного подхода переработки техногенного отвала. Оценка расчета экономической эффективности проводилась на основе методики оценки расчета экономической эффективности добычи твердых полезных ископаемых.

Ключевые слова: баритовый концентрат, рациональное природопользование, техногенный отвал, хвостохранилище, экономическая эффективность, Кемеровская область.

FEASIBILITY OF INVESTMENT ATTRACTIVENESS FOR THE DEVELOPMENT OF TECHNOGENIC DUMP WITH A HIGH CONCENTRATION OF BARITE

M. V. Mishenin^{1,2}, N. V. Yurkevich¹, I. V. Filimonova^{1,2}, A. P. Samatova^{1,2}

¹A. A. Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, Novosibirsk, Russia; ²Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia

The article provides technical and economic feasibility of the barite concentrate production from a technogenic tailing dump located in Ursk, Kemerovo region. The methods of extraction and options for implementation of the resulting concentrate were evaluated and key indicators of the investment project and economical effectivity of obtaining barite concentrate were calculated. The analysis of formation and development of rational subsoil use in Russia and abroad was carried out. The paper presents periodization of various approaches and development of the subsoil users control from the state in relation to the legal aspects of the use of technogenic objects. The vocabulary of technogenic dumps and deposits was considered, methodological approaches of ecological and economic and ecological and geological assessments of investment attractiveness of the technogenic objects development were analyzed. Calculations of integrated approach for technogenic waste processing were carried out. The evaluation of cost-effectiveness analysis was conducted on the basis of method for evaluating the cost-effectiveness analysis of the solid minerals production.

Keywords: barite concentrate, rational nature management, technogenic dump, tailing dump, economic efficiency, Kemerovo region.

DOI 10.20403/2078-0575-2023-4b-196-205

В условиях глобального производства промышленность перерабатывает огромное количество природных ресурсов для использования сырья и получения энергии, что обеспечивает жизнедеятельность общества на высоком уровне. Высокий темп производства в промышленности – главная составляющая развития экономики любого государства. Традиционные способы освоения природных богатств формируют ряд проблем, связанных с недостаточной эффективностью переработки с точки зрения экологии и безопасности. По-прежнему актуальна проблема переработки и рекультивации отходов, полученных в процессе горнодобывающего производства во многих регионах страны.

С экономической точки зрения степень выработанности месторождений в результате интенсивного

использования недр чрезвычайно, а порой предельно высока, что, в свою очередь, обуславливает необходимость поиска новых месторождений. В итоге за длительный период разработки и добычи значительных объемов руды естественным образом были сформированы отходы обогащения в виде отвалов и хвостохранилищ, содержащих полезные ископаемые, которые не удалось получить при первичной переработке руды. В сложившихся реалиях выросло значение техногенных отвалов и хвостохранилищ, в которых уровень концентрации полезных ископаемых сопоставим с разрабатываемыми месторождениями. Инвестиционная привлекательность переработки техногенных отвалов обосновывается развитием существующих технологий вторичной переработки. Комплексный подход вторичной переработки обогащенных хвостохранилищ существенно



увеличит показатели экономической эффективности получения концентратов.

В России принято несколько основных федеральных законов и документов, направленных на соблюдение экологических нормативов при добыче полезных ископаемых. Так, «Основы государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 г.», утвержденные Президентом Российской Федерации 30 апреля 2012 г., в качестве главного направления обозначают сохранение экологической ситуации путем снижения уровня отходов; использование их во вторичной переработке с применением технологий, снижающих отрицательное воздействие на окружающую среду; восстановление после антропогенного вмешательства естественных экологических систем; контроль безопасного экологического обращения с техногенными отходами; формирование роста экономики с экологическим ориентиром; внедрение современных, эффективных с точки зрения экологии, инновационных технологий.

В конце первого квартала 2017 г. опубликован указ «О Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 г.», основное направление которого (развитие новых наилучших доступных технологий (НДТ)) было дополнено «Стратегией развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 г.». В 2018 г. началось формирование проекта «Экология», ключевая задача которого – разработка и внедрение НДТ.

Но основные проблемы (отсутствие не только единого контроля за отходами горнодобывающих недропользователей, но и инвестиционной привлекательности для малых независимых компаний из-за барьерных условий использования техногенных отходов) так и не решены. В то же время в развитых странах такой контроль давно используется и сформирована законодательная база по переработке отходов от различных производств.

Акад. Ю. Н. Малышев [8] говорит о содержании полезных ископаемых в отвалах (прежде всего горно-обогачительных предприятий), нередко более высоком, чем на разрабатываемых месторождениях. Это характерно для хвостохранилищ, которые были сформированы в период использования старых технологий добычи полезных ископаемых. Б. К. Михайлов [9] высоко оценивает важность отходов горнодобывающих комплексов как источника строительных материалов: по его мнению, более 35 млрд т горнопромышленных отходов (ГПО) можно использовать для строительной индустрии. Такое количество с запасом покрывает спрос на строительное сырье, однако удаленное расположение отвалов и высокие логистические затраты сильно сдерживают его реализацию. Также негативной тенденцией является нерациональное использование переработанных отходов, в то время как ресурсный

потенциал полезных ископаемых в отвалах соизмерим с таковым на большом количестве новых месторождений.

Опыт зарубежных стран по рациональному использованию отходов во вторичной переработке существенно больше отечественного. Законодательная база и технологии по переработке минеральных ресурсов в ГПО начали развиваться значительно раньше. В США в 1990-х гг. уже был достаточно высокий уровень вторичного производства металлов. Также переработкой отходов активно занимались в развитых европейских странах, в Канаде и др. [6].

Стимулирующими условиями утилизации ГПО в странах Европы и США являются поощрительные системы за использование технологий, позволяющих безотходно использовать ресурсы, в том числе вторичной переработки, а также высокая рентная стоимость земель и ее ограниченность, применение штрафов за загрязнение окружающей среды. Доля утилизации в России составляет около 1/5 от всех ГПО, что в 4 раза меньше уровня переработки в перечисленных странах [8].

Опыт использования вторичной переработки ГПО во многих странах показал ее значимую эколого-экономическую эффективность. Так, доля отходов в балансе сырья в Японии и США превышает 25 %, в развитых странах Европы колеблется от 15 до 20 %, в РФ – около 10%, при том что в СССР – 15%. Такой низкий показатель в России обусловлен отсутствием комплексного подхода, направленного на взаимосвязь сокращения ГПО, вторичной переработки отходов и снижения количества отходов для захоронения. Практически отсутствуют методы, позволяющие оценить стоимость ГПО, методики эколого-экономической оценки эффективности их переработки и утилизации, а также формы и инструменты государственного стимулирования предприятий [3].

Российские ученые, занимающиеся исследованиями в области права пользования отходами, полученными в результате горнодобывающих производств, считают, что техногенные отвалы и хвостохранилища нужно рассматривать как техногенные месторождения, которые могут восполнять минерально-сырьевую базу (МСБ) и регулировать законный оборот ГПО. Такая позиция описана в научных публикациях Л. З. Быховского, О. Е. Горловой, Ю. А. Кипермана, А. В. Когута, Б. К. Михайлова, А. Б. Макарова, А. И. Некрасова, К. Н. Трубецкого, В. Н. Уманца, В. В. Чайникова и др.

Таким образом, для разработки отвалов и хвостохранилищ необходимы все стадии геолого-разведочных работ (ГРР), а недропользователям следует участвовать в конкурсах и аукционах на право пользования такими объектами, получать лицензии на ГРР и промышленную эксплуатацию участков. Стоимость и сроки проведения ГРР непосредственно влияют на конечную экономическую эффективность переработки ГПО [12]. Особые сложности возникают при освоении техногенных отвалов, содержащих

драгоценные металлы. Н. Б. Карпенко, Б. К. Кавчик, Ю. А. Кацман описывают совокупность проблем при получении доступа к ГПО из-за многостадийной разведки, подтверждения запасов в ГКЗ, соблюдения норм и правил в соответствующих инстанциях. Все это приводит к увеличению времени получения лицензии и, как следствие, становится сдерживающим фактором инвестиционной привлекательности [5].

В странах Европейского союза основными являются нормы, направленные на экологию, а также Горный кодекс, который осуществляет контроль за ГПО. В 2006 г. принят закон, обязывающий страны в течение пяти лет сформировать план мероприятий по переработке и хранению отходов. Закон направлен на сокращение ГПО, максимизацию доступной переработки и обеспечение безопасного захоронения оставшихся отходов [9]. В России регулирование управления ГПО осуществляется главным образом на государственном уровне, через утверждение целевых программ. Похожий подход применяется в США и Канаде, где хорошо развит контроль ГПО посредством экологических программ.

Управление ГПО в России перешло на новый уровень после введения в 2019 г. систематизации наилучших доступных технологий экологического регулирования. Однако остается проблема создания высокотехнологичных производств, что должно осуществляться с учетом индивидуальных особенностей формирования ГПО в России. Как показала практика, эффективность переработки ГПО не решается только за счет экологических норм, необходима поддержка со стороны государства, создание экономически эффективных технологий вторичной переработки техногенных отходов. Взаимодействию компаний и государства в сфере создания технологий способствует механизм государственно-частного партнерства, который позволяет повысить эффективность переработки многокомпонентных месторождений [13].

В российской практике недропользования выделяют несколько этапов формирования системы рационального недропользования.

В 1960–1980 гг. происходило становление нормативной и методической базы рационального недропользования и охраны окружающей среды: формировался экономический подход к организации горного производства, устанавливались принципы эффективного планирования и комплексного экологического управления горной отраслью с учетом экономической оценки ресурсного потенциала. Об этих направлениях писали советские ученые М. И. Агошков, А. А. Арбатов, А. С. Астахов, К. Г. Гофман, А. А. Минц, В. С. Немчинов, С. Г. Струмилин, Ю. В. Яковец. В 1964 г. впервые заговорили об экономике природопользования как самостоятельной отрасли знаний, а к концу периода сформировались две концепции. *Первая* была сфокусирована на интенсивном направлении в области горнодобывающей промышленности, а целью являлось формиро-

вание новых экономически эффективных технологий в области добычи и дальнейшей переработки полезных ископаемых. *Вторая* была направлена на решение проблемы рационального недропользования и охраны окружающей среды. Была составлена классификация отходов от горнодобывающей промышленности (И. П. Жаворонкова, М. Э. Кябби). А. А. Арбатов говорил, что «дефицит отдельных видов минерального сырья принимает натуральную форму, когда запасы их весьма ограничены, и экономическую, когда при достаточных природных запасах ограничены ресурсы развития» [12]. К концу рассматриваемого периода окончательно сформировался термин «техногенное месторождение», о котором писал в своих работах К. Н. Трубецкой, а первым в научных трудах это понятие начал использовать акад. Н. В. Мельников.

Недостатком первого подхода являлись интенсивные способы добычи, осуществлявшиеся без изучения рынка потребления и без анализа минимального содержания полезного ископаемого, в результате чего страдал экологический аспект. Второй подход предусматривал концептуальный взгляд, направленный на использование недр с точки зрения рационального отношения к окружающей среде. В середине 1990-х гг. была создана общая система нормативного управления, включающая в себя кадастр природных ресурсов, систему контроля учета горнопромышленных отходов, основанную на государственных стандартах, контроль окружающей среды и картирования геоэкологической ситуации. Однако решение проблем техногенных месторождений полностью зависело от государственных задач и установок.

В 1990–2000 гг. совершенствовалась существующая нормативно-правовая база и разрабатывались новые законодательные акты для комплексного и эффективного использования минерально-сырьевого комплекса и охраны окружающей среды с учетом принципов рыночной экономики. В этот период развивался механизм рационального природопользования, совпадающего с переходом к системе рыночной экономики и проведением реформ, касающихся земель, частной собственности. Были сформулированы первые редакции законов «О недрах», «Об отходах производства и потребления в РФ», «Об охране окружающей среды» и др. Научные исследования были посвящены технологическим, экологическим, экономико-экологическим направлениям рационального и комплексного природопользования. Развитие технологического характера отражено в исследованиях Л. А. Барского, В. Н. Макарова, Н. Б. Никитина, К. Н. Трубецкого, В. Н. Уманца, экологическая тематика – в трудах А. Б. Макарова, М. А. Пашкевича. Основная направленность рационального недропользования была акцентирована на экономической стороне проблемы с учетом прежде всего экологического и геологического аспектов, которые позволяли формиро-



вать новые методы экономической оценки месторождений с применением комплексного подхода к освоению и переработке полезных ископаемых. Прорабатывались механизмы стимулирования рационального природопользования (налоговые и кредитные льготы) и деятельности по сохранению окружающей среды, формировалась система экологического страхования. Государство поддерживало субсидиями и ссудами предприятия, осуществлявшие освоение техногенных объектов [10]. К концу периода назрели проблемы, связанные с ухудшением состояния МСБ, выработкой крупных и уникальных месторождений, снижением объемов ГРП. Все это только усиливало интерес к техногенным месторождениям. В 1994 г. появилась первая редакция методического подхода к разработке техногенных отвалов («Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов и их отбору для финансирования»). В 1998–1999 гг. были утверждены новые формы статистического учета полезных ископаемых, находящихся в техногенных отвалах: «Об отходах производства и потребления», «Сведения о состоянии и изменении запасов твердых полезных ископаемых», «Сведения об извлечении полезных ископаемых при добыче», «Сведения о комплексном использовании полезных ископаемых при обогащении и металлургическом переделе вскрышных пород и отходов производства». Эти документы задали основное направление при утилизации и систематизации ресурсного потенциала техногенных месторождений. Однако проблему разного толкования права собственности на отходы в «Законе о недрах» и «Об отходах производства и потребления» не удалось решить до настоящего времени, что создает сложности в правовом поле.

Период **2000–2020 гг.** характеризуется *развитием экономических отношений* в сфере законодательства недропользования и регулирования со стороны государства имущественных прав в отношении недр. Выросло число научных трудов, посвященных экологической составляющей, на новый уровень вышел контроль со стороны государства в экономике и недропользовании (контроль за охраной окружающей среды и обращением отходов горнодобывающей отрасли, рационального использования недр). О таком активном развитии писали М. В. Дудиков и Е. С. Мелехин, подчеркивая ведущую роль государства в соблюдении правовых, технологических и законных действий со стороны недропользователей при геологическом изучении, добыче полезных ископаемых, в сфере рационального использования ресурсов и комплексного освоения месторождений с соблюдением экологических нормативов [4]. Особое внимание уделялось способам обращения с отходами горнодобывающей и перерабатывающей промышленности. Появились существенные изменения в законах и нормативных базах рационального природопользования, направленные на решение проблем, связанных с экологической составляющей

актуального состояния МСБ. Основные направления рационального использования полезных ископаемых сводились к максимально комплексному их извлечению, минимизации потерь при использовании ресурсов с учетом текущего уровня развития технологий и сохранения состояния окружающей среды, при котором она могла самостоятельно восстанавливаться. Также задачами федеральной центральной программы были контроль за текущим состоянием техногенных объектов и условиями размещения, оценка ресурсного потенциала полезных ископаемых на объектах и системного подхода со стороны государства по обращению с отходами [1]. О значимости систематизации техногенных отходов, объемов полезных ископаемых в них и эколого-экономической оценки учета со стороны государства писали Л. З. Быховский, Е. А. Каменева, Н. Б. Карпенко, С. И. Мормил, С. Г. Селезнева и др.

По-прежнему актуальна проблематика переработки техногенных объектов с точки зрения рационального недропользования. Отсутствие комплексного освоения сырья приводит к накоплению техногенных отходов. Относительно недавно на государственном уровне начали принимать законы, способствующие решению экологических проблем и росту уровня обработки сырья с минимизацией получения отходов [2]. С развитием национальных проектов, направленных на экологию, стало больше научных публикаций, посвященных проблемам развития законодательства в области рационального и экологического недропользования. Однако и в настоящее время нечасто можно встретить научные работы, посвященные решению задач совершенствования методик вторичной переработки техногенных отходов с учетом технических и экономических особенностей освоения отходов горнодобывающей промышленности в зависимости от вида сырья

Цель нашего исследования – совершенствование методики геолого-экономической оценки техногенных месторождений на примере техногенных отвалов с высоким содержанием барита.

Материалы и методы

Хранилище отходов, являющееся объектом исследования, образовано в 1930-х гг. после извлечения золота цианированием из зоны окисления колчеданного Новоурского месторождения, открытого в 1932 г. как часть Урского рудного поля, объединяющего Новоурское, Белоключевское, Самойловское месторождения и ряд рудопроявлений. Полиметаллические месторождения Урской группы приурочены к комплексу метаморфических образований, первичный состав которых не всегда поддается точному определению. Породы данной толщи представлены преимущественно альбитофирами, кварцевыми порфирами, а в местах интенсивного проявления гидротермальных процессов – образованными за их счет порфироидами, кварцево-серицитовыми и серицито-хлоритовыми сланцами.

Вторичная переработка отходов хранилища представляет экономический интерес из-за содержания ценных компонентов (циркония, урана, золота, барита и др.) [7], особенно барита с концентрацией до 30 %. Для эффективной оценки объекта исследования необходимо учитывать особенности расположения техногенного отвала, объем запасов, существующую транспортную инфраструктуру. По данным кадастрового учета техногенных отвалов запасы хвостохранилища, расположенного в г. Урск (Кемеровская область), оцениваются более чем в 700 тыс. т, содержание барита в них – более чем в 25 %. Тем самым предполагаемый уровень добычи барита путем вторичной переработки может превысить 200 тыс. т. Учитывая мощность и проект размещения технологических объектов переработки отвала, производство баритового концентрата может составить около 20 тыс. т в год.

Исследование выполнено на основе методики оценки экономической эффективности переработки и добычи твердых полезных ископаемых. Используется комплекс методов для подтверждения достоверности полученных результатов: моделирование экономических показателей с помощью математического моделирования, анализа и расчета экономической эффективности инвестиционного проекта по добыче баритового концентрата. Подход можно разбить на пять основных этапов, соответствующих последовательности представленной методики (рис. 1).

На *первом* этапе оценивается состояние сырьевой базы и предполагаемый период добычи баритового концентрата.

Второй этап состоит из технических расчетов, определяющих уровень добычи баритового концентрата с соблюдением представленной технологической схемы переработки с порядком получения соответствующих фракций. Осуществляется анализ состава и актуальной стоимости необходимого оборудования для поддержания промышленной добычи баритового концентрата

на определенном этапе технологической цепочки переработки вещества.

Третий этап состоит из подсчета финансовых затрат. Основные затраты переработки – капитальные и эксплуатационные, проводится также оценка объема налоговых поступлений с дифференциацией по уровням бюджета Российской Федерации с учетом Налогового и Бюджетного кодексов Российской Федерации.

Четвертый этап – экономический. Выполняются расчеты экономической эффективности процесса добычи баритового концентрата согласно «Методическим указаниям по расчету оценки экономической эффективности инвестиционной привлекательности», утвержденным Минэкономразвития России 21 июня 1999 г. Для этого необходимо рассчитать основные показатели экономической эффективности.

Пятый этап посвящен анализу результатов и расчетам чувствительности основных показателей экономической эффективности добычи баритового концентрата к волатильности влияющих факторов (вложения в капитальные затраты, вложения в эксплуатационные затраты, рыночная стоимость баритового концентрата, изменение ставки дисконтирования во времени).

Расчеты выполнены для десятилетнего периода освоения техногенного отвала (2024–2034 гг.). При расчетах следует учитывать особенность текущих (эксплуатационные издержки, которые включают в себя затраты в течении всего срока использования всей техники) и разовых (капитальные издержки – затраты для обеспечения использования текущей технологии, необходимой для полной переработки отвала с извлечением конечного сырья) затрат.

Для оценки количественного показателя в течение года рассчитывают общий объем прогнозного уровня добычи с учетом разработанной технологической схемы на хвостохранилище и оценки содержания баритового концентрата в текущих запасах в этом отвале.

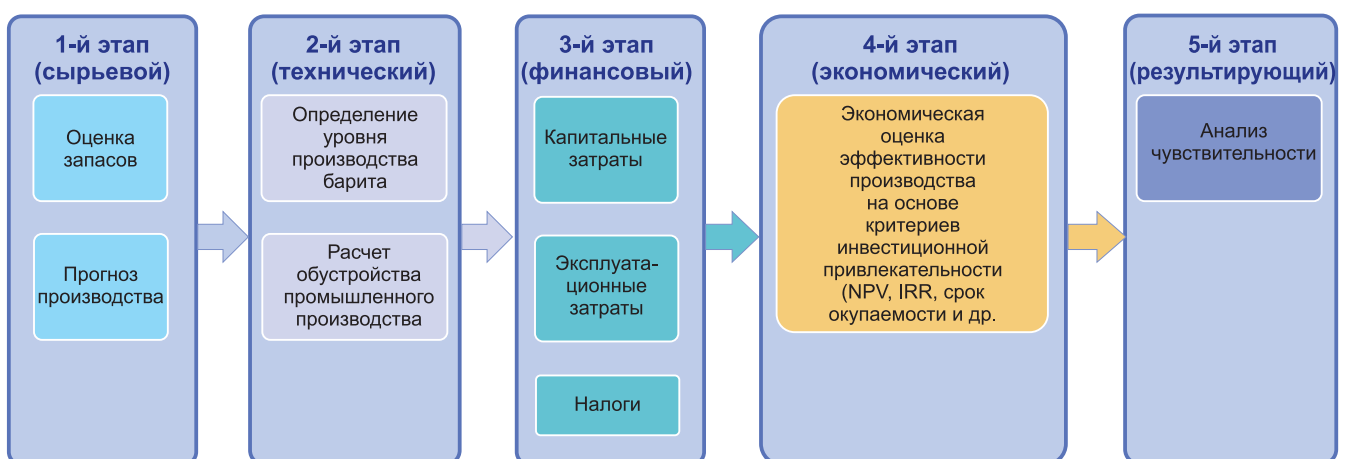


Рис. 1. Последовательность выполнения этапов для расчета экономической эффективности инвестиционного проекта по добыче баритового концентрата из отвала



Рис. 2. Производственная схема обустройства отвала

Модель расчетов коммерческой эффективности переработки техногенного отвала состоит из двух блоков инфраструктур.

Производственная схема обустройства отвала – последовательное расположение установок (с учетом уровня переработки): 1) вибрационного разделения с конвейером, 2) электромагнитного разделения с конвейером, 3) пневматического сепарирования с конвейером, 4) шаровой мельницы с конвейером, 5) линии упаковки (рис. 2).

Предусмотрено также строительство объектов обустройства отвала, энергоснабжения, объектов сбора и подготовки баритового концентрата, ангаров, складов, подстанций, офиса и гаража для техники. Для получения баритового концентрата предполагается первоначальное поступление сырья из отвала с помощью погрузчиков на вибрационную установку «Грохот», где происходит сортировка по размеру фракций. Часть сырья с фракциями менее 1,5 мм направляется на электромагнитный сепаратор, остальное – в отвал. Установка электромагнитной сепарации производит разделение на магнитные и немагнитные компоненты, электромагнитная фракция сыпается в отвал. После этого компоненты попадают в пневмосепаратор, где происходит разделение на тяжелую и легкую фракции, легкая фракция возвращается в отвал. Оставшаяся тяжелая немагнитная фракция поступает на шаровую мельницу для измельчения твердых материалов до порошкообразного состояния. Полученный порошок баритового концентрата готовится к отправке на упаковочной линии и отгружается в грузовые автомобили для дальнейшей транспортировки до железнодорожной станции.

Схема транспортировки – четыре альтернативных варианта реализации баритового концентрата от ближайшей железнодорожной станции к техногенному отвалу в зависимости от потребителя:

1) НПО «Бурение» (дочерняя организация АО «Ильский завод «Утяжелитель»): по железной до-

роге (ст. Белово – г. Кемерово – г. Краснодар) на расстояние 4280 км;

2) ПАО «Сургутнефтегаз»: по железной дороге (ст. Белово – г. Кемерово – г. Сургут) на расстояние 2200 км.

3) ПАО «Газпромнефть-Тюмень»: по железной дороге (ст. Белово – г. Кемерово – г. Тюмень) на расстояние 1500 км.

4) ООО «НПО «РеаСиб»»: по железной дороге (ст. Белово – г. Кемерово – г. Томск) на расстояние 400 км.

Капитальные затраты представлены на единичную производительность каждой установки (тыс. т в год) и укрупненных показателей стоимости строительства (табл. 1). Стоимость оборудования оценена по объектам-аналогам, представленным на торговых площадках и сайтах производителей оборудования.

Таблица 1

Капитальные вложения в обустройство отвала (без НДС)

Показатель	Стоимость
Промышленное обустройство, тыс. руб.	
Установка вибрационного разделения «Грохот»	2000
Установка электромагнитного разделения	3000
Установка пневматического сепарирования	2150
Установка шаровая мельница	3000
Установка линия упаковки	1900
Погрузчик	9000
Дорога, забор, инвентарь	15000
Площадочные объекты инфраструктуры, тыс. руб.	
Офис, дом для охраны	15000
Подстанция	25000
Склад	10000
Ангар	10000
Гараж	10000

Таблица 2

Эксплуатационные затраты		
Показатель	Ед. изм.	Значение
Содержание и эксплуатация оборудования	тыс. руб./год	14400
Электроэнергия		12100
Потребление воды		2500
Использование связи		1600
Прочее		1100
Фонд оплаты труда		55300
Фасовка и упаковка готовой продукции		1 000
Транспортировка до железнодорожной станции Белово:		тыс. руб./т на 100 км
вариант 1	0,05	
вариант 2	0,07	
вариант 3	0,08	
вариант 4	0,14	

Капитальные вложения в транспортную инфраструктуру предусматривают строительство дорог на территории отвала. Эксплуатационные издержки на производство баритового концентрата рассчитаны с учетом удельных затрат и прогнозируемых технологических показателей разработки. База данных удельных затрат сформирована на основе фактических значений эксплуатационных затрат на аналогичных проектах (табл. 2).

Фонд оплаты труда включает заработную плату основного и вспомогательного персонала, обязательные страховые отчисления, отпуска, премии и прочие выплаты, связанные с оплатой труда.

Расходы на транспортировку заключаются в следующем. Полученный баритовый концентрат фасуется и загружается в фуры грузоподъемностью 20 т, которые отправляются по автомобильной дороге «Урс – Горский – Новопестерево – Гурьевск – Шанда – Бековское – Белово» на расстояние 86 км, где перегружается в крытые вагоны грузоподъемностью до 66 т. Расстояние транспортировки по железной дороге до ближайшей железнодорожной станции к конечному потребителю варьируется согласно рассмотренным вариантам. Расходы на транспортировку рассчитывались согласно тарифам автомобильных грузоперевозок по России, прейскуранту № 10-01 «Тарифы на перевозку грузов и услуги инфраструктуры, выполняемые российскими железными дорогами» (утв. ФЭК РФ № 47-т/5 от 13 декабря 2021 г.) и единой тарифно-статистической номенклатуры грузов (ЕТСНГ) для кода 242039 «концентрат баритовый».

Расчет амортизационных расходов проводился в соответствии со ст. 256–259 Налогового кодекса Российской Федерации № 117-ФЗ. Для расчета показателей основных средств производства использовались рекомендации, указанные в По-

становлении Правительства РФ «О классификации основных средств, включаемых в амортизационные группы». Кроме того, рассчитаны и включены в состав налоговые платежи. Налог на добычу полезных ископаемых – важный показатель для расчета экономической эффективности: по налоговой ставке 5,5 % от выручки добытого сырья (ч. 2., гл. 26, ст. 342 НК РФ).

После исследования текущего состояния рынка баритового концентрата класса Б марки КБ-3 (согласно ГОСТ 4382-84) была определена его средняя стоимость 12 тыс. руб. за 1 т.

Ставка дисконтирования принята на уровне 10 % по аналогии с реализуемыми проектами добычи твердых полезных ископаемых. Расчеты проводились в соответствии с методическими рекомендациями по оценке экономической эффективности инвестиционных проектов.

Основные показатели коммерческой эффективности добычи баритового концентрата рассчитываются по следующим показателям.

Чистая приведенная стоимость (NPV) – суммарное значение полученной прибыли реализации баритового концентрата с учетом амортизации, включая капитальные издержки производства, приведенная к базовому году, при ставке дисконтирования 10 %:

$$NPV = \sum_{t=1}^{\tau} \frac{NP_t + D_t - C_t}{(1+r)^t}, NPV > 0,$$

где NP_t – чистая прибыль от реализации баритового концентрата, D_t – амортизационные отчисления, C_t – капитальные вложения, r – ставка дисконтирования, t – период.

Внутренняя норма доходности (IRR) соответствует ставке дисконтирования при условии, что чистая дисконтированная стоимость за весь период будет равна нулю:

$$IRR = r^*: NPV_t(r^*) = 0, IRR > r.$$

Индекс доходности (PI) – отношение суммарного значения приведенных денежных доходов к сумме приведенных денежных расходов:

$$PI = \frac{\sum_{t=1}^{\tau} \frac{NP_t + D_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^{\tau} \frac{C_t}{(1+r)^t}}, PI > 1.$$

Дисконтированный срок окупаемости (DPP) – минимальный период, по истечении которого суммарное накопленное значение чистой приведенной стоимости равно нулю:

$$DPP = t^*: \sum_{t=1}^{\tau} NPV_t = 0, \min DPP.$$

Бюджетная эффективность (BE) – суммарное значение налоговых поступлений, приведенная к базовому году, при ставке дисконтирования равной 10 %:



$$BE = \sum_{t=1}^T \frac{Tax_t}{(1+r)^t}, BE > 0,$$

где Tax_t – налоговые поступления в бюджеты всех уровней.

Результаты экономических расчетов

По результатам приведенных расчетов добычи баритового концентрата с учетом принятой технологической схемы и выбранных вариантов транспортировки различным потребителям получены следующие показатели, на основе которых можно принимать решения по их реализации (табл. 3).

В результате проведенных расчетов капитальные вложения по всем вариантам составляют

волатильности главных производственных показателей. К числу факторов, подверженных изменению при различных экономических условиях, относятся капитальные вложения, эксплуатационные затраты, рыночные цены баритового концентрата, текущая ставка дисконтирования. Диапазон изменения этих данных, влияющих на критерий экономической эффективности, от 50 до 150 % с шагом 10 %.

Наибольшая чувствительность показателя NPV наблюдается по отношению к изменению цены реализации баритового концентрата. Если цена баритового концентрата на рынке снизится на 25 %, то NPV проекта остается положительным. При росте капитальных затрат и эксплуатационных издержек на 50 % NPV проекта также останется положительным (рис. 3).

Таблица 3

Результаты экономических расчетов

Показатель	Вариант			
	1	2	3	4
Производство баритового концентрата до 2034 г., тыс. т	200,0	200,0	200,0	200,0
Выручка от реализации, млн руб.	2400,0	2400,0	2400,0	2400,0
Капитальные затраты, млн руб.	175,7	175,7	175,7	175,7
Промышленное обустройство	36,1	36,1	36,1	36,1
Площадочные объекты инфраструктуры	70,0	70,0	70,0	70,0
Эксплуатационные издержки, млн руб.	1756,0	1602,6	1534,8	1403,2
Транспортные расходы	507,0	353,6	285,8	154,2
Налоги без налога на прибыль и НДС, млн руб.	24,6	24,6	24,6	24,6
Прибыль до налогообложения, млн руб.	619,5	772,9	840,7	972,3
Налог на прибыль, млн руб.	123,9	154,6	168,1	194,5
Чистая прибыль, млн руб.	495,6	618,3	672,5	777,8
NPV, млн руб.	255,3	310,7	344,0	408,7
IRR, %	36,1	43,6	46,8	53,0
PI, ед.	2,0	2,6	2,7	3,1
Недисконтированный срок окупаемости, лет	3,0	3,0	3,0	2,0
Дисконтированный срок окупаемости, лет	4,0	3,0	3,0	3,0

180 млн руб., так как схема производства баритового концентрата неизменна для всех вариантов. Ключевое различие вариантов – выбор конечного потребителя для реализации баритового концентрата, в связи с чем существенно различаются эксплуатационные расходы, включающие в себя расходы на транспортировку до конечного потребителя. Эксплуатационные затраты добычи баритового концентрата по всем четырем вариантам составили около 1756, 1602, 1535, 1403 млн руб. соответственно. В результате вариант 4 – самый перспективный с точки зрения экономической эффективности вследствие самого короткого плеча и низкого тарифа транспортировки баритового концентрата.

Анализ чувствительности экономической эффективности необходим для оценки влияния рисков и неопределенности на основные показатели экономической эффективности производства. Анализ позволяет получить значение отклонения показателей экономической эффективности при

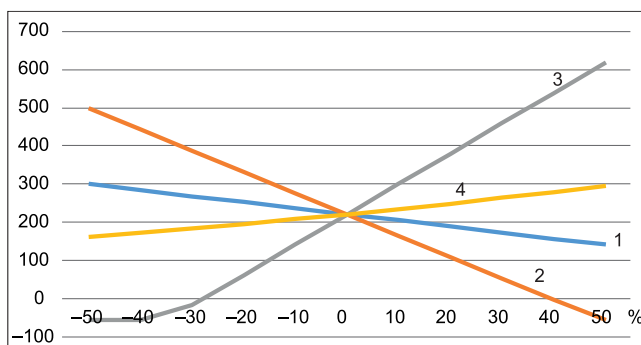


Рис. 3. Анализ чувствительности NPV, млн руб.

1 – капитальные вложения; 2 – эксплуатационные издержки; 3 – цена реализации барита; 4 – ставка дисконтирования

Выводы

В техногенных отвалах в регионах Российской Федерации залегает большое количество ценных полезных ископаемых. Вторичная переработка от-



валов позволит развить и внедрить новые технологические схемы производства, которые повысят степень извлечения ценных компонентов, что, в свою очередь, будет способствовать ресурсосбережению.

Расчеты оценки экономической эффективности переработки вещества техногенного отвала, содержащего барит, проводились на основе геолого-экономической оценки и предложенной авторами схемы производства и транспортировки баритового концентрата.

Вторичной переработке техногенных отвалов с большим содержанием полезных ископаемых уделяется недостаточное внимание. Не хватает научных исследований в области экономической оценки техногенных отвалов, совершенствования законодательной базы и развития мер государственной поддержки, направленной на увеличение объемов переработки отвалов и повышение инвестиционной привлекательности для недропользователей. Такие изменения существенно трансформируют экологическую ситуацию и решат проблему загрязнения территорий, на которых расположены отвалы.

Предложена модель расчетов инвестиционного проекта получения баритового концентрата, технологическая схема переработки вторичного сырья на примере техногенного отвала, использованы актуальные ценовые и нормативные параметры расчетов, приведен анализ результатов четырех вариантов освоения и реализации баритового концентрата из техногенного отвала, расположенного в Кемеровской области. Варианты различаются в основном направлениями поставки продукции до потребителей. Спрос на баритовый концентрат формируют предприятия нефтедобывающей отрасли, где он применяется при производстве растворов для использования укрепления скважин как утяжелитель.

Разработанная авторами технологическая схема производства баритового концентрата позволит выпускать до 20 тыс. т в год, или 200 тыс. т за период освоения (с 2024 по 2034 г.). Варианты транспортировки и последующей реализации баритового концентрата представлены с учетом логистических особенностей и условий транспортировки до конечного потребителя, и каждый из них инвестиционно привлекателен. Однако в силу наименьших транспортных расходов при доставке готового продукта потребителю в Томске наиболее выгоден вариант 4. За период освоения отвала выручка составит 2400 млн руб., эксплуатационные издержки – 1403 млн руб., поступления в бюджет – 24,6 млн руб., чистая прибыль – 777,8 млн руб. Использование баритового концентрата, полученного путем переработки техногенного отвала, позволит обеспечить растущий спрос у производителей буровых растворов, а также минимизирует негативное влияние загрязняющих веществ от техногенных отвалов на окружающую среду.

Работа выполнена в рамках базового проекта НИР ИНГГ СО РАН № FWZZ-2022-0029.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Березовский П. В.** Экономическая оценка вторичных минеральных ресурсов. – СПб.: СПГИ (ТУ), 2006. – 163 с.
2. **Боярко Г. Ю., Хатьков В. Ю.** Обзор состояния производства и потребления баритового сырья в России // Изв. ТПУ. Инжиниринг георесурсов. – 2021. – Т. 332, № 10. – С. 180–191.
3. **Гончарова Л. И., Ларичкин Ф. Д., Переин В. Н.** Потенциал техногенного минерального сырья в России и проблемы его рационального использования // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. – 2015. – № 5 (41). – С. 104–117.
4. **Дудиков М. В., Мелехин Е. С.** Государственное регулирование рационального недропользования // Маркшейдерия и недропользование. – 2011. – № 1 (51). – С. 19–23.
5. **Карпенко Н. Б.** Правовые аспекты учета и переработки техногенных месторождений // Золотодобыча. – 2010. – № 140. – С. 12–18.
6. **Комаров М. А.** Горнопромышленные отходы – дополнительный источник минерального сырья // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – 2007. – № 4. – С. 3–9.
7. **Кузнецов Д. С., Бурцев И. Н., Кузнецов С. К.** Рынок баритового сырья и перспективы освоения месторождений Республики Коми // Север и рынок: формирование экономического порядка. – 2022. – № 3. – С. 171–185.
8. **Малышев Ю. Н.** Развитие горнопромышленного комплекса в условиях обострения конкуренции на мировых рынках минеральных ресурсов // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – 2013. – № 1. – С. 17–19.
9. **Михайлов Б. К.** Техногенные минерально-сырьевые ресурсы. – М.: Научный мир, 2012. – 234 с.
10. **Пахальчик Г. Ю.** Программы переработки техногенных образований Свердловской области // Изв. вузов. Горный журнал. – 1997. – № 11–12. – С. 12–20.
11. **Селезнев С. Г., Степанов Н. А.** Минерально-сырьевое богатство на поверхности. Особенности техногенных объектов и проблемы их освоения // Рациональное освоение недр. – 2012. – № 6. – С. 14–22.
12. **Стратегии сырьевого обеспечения в народнохозяйственном развитии / под ред. А. А. Арбатова.** – М.: Наука, 1989. – 279 с.
13. **Knysh V. A., Larichkin F. D.** Governmental stimulation of the mining waste processing in the Arctic zone // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2019. – Vol. 302. – P. 012043.

REFERENCES

1. *Berezovskiy P.V. Ekonomicheskaya otsenka vtorichnykh mineralnykh resursov [Economic evalua-*



tion of secondary mineral resources]. Saint Petersburg, SPMU Publ., 2006. 163 p. (In Russ.).

2. Boyarko G.Yu., Khatko V.Yu. [Current state of production and consumption of barite raw materials in Russia]. *Izvestiya Tomskogo polytekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesurov – Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*, 2021, vol. 332, no. 10, pp. 180–191. (In Russ.).

3. Goncharova L.I., Larichkin F.D., Perein V.N. [Potential of technogenic mineral raw materials in Russia and the issues of its rational use]. *Ekonomicheskiye i sotsialnyye peremeny: fakty, tendentsii, prognoz – Economic and social changes: facts, trends, forecast*, 2015, no. 5, pp. 104–117. (In Russ.).

4. Dudikov M.V., Melekhin E.S. [Government regulation of the sustainable usage of subsoil resources]. *Marksheyderiya i nedropolzovaniye – Mine Surveying and Subsurface Use*, 2011, no. 1, pp. 19–23. (In Russ.).

5. Karpenko N.B. Legal aspects of accounting and processing of technogenic deposits]. *Zolotodobytcha*, 2010, no. 140, pp. 12–18. (In Russ.).

6. Komarov M.A., Aliskerov V.A., Kusevich V.I., Zavyortkin V.L. [Mine waste – an additional source of mineral resources]. *Mineralnyye resursy Rossii. Ekonomika i upravleniye – Mineral Resources of Russia. Economics and Management*, 2007, no. 4, pp. 3–9. (In Russ.).

7. Kuznetsov D.S., Burtsev I.N., Kuznetov S.K. [Barite raw market and prospects for the development of deposits in the Republic of Komi]. *Sever i rynek: formirovaniye ekonomicheskogo poryadka – The North and the Market: Forming the Economic Order*, 2022, no. 3, pp. 171–185. (In Russ.).

8. Malyshev Yu.N. [Development of the mining sector in the increasingly competitive climate in world mineral markets]. *Mineralnyye resursy Rossii. Ekonomika i upravleniye – Mineral Resources of Russia. Economics and Management*, 2013, no. 1, pp. 17–19. (In Russ.).

9. Mikhailov B.K. *Tekhnogennyye mineralno-syryevyye resursy* [Technogenous mineral raw material resources]. Moscow, Nauchnyy mir Publ., 2012. 234 p. (In Russ.).

10. Pakhalchik G.Yu. [Programs for processing of technogenic formations of Sverdlovsk region]. *Izvestiya vuzov. Gornyy zhurnal*, 1997, no. 11–12, pp. 12–20. (In Russ.).

11. Seleznev S.G., Stepanov N.A. [Mineral wealth on the surface. Characteristics and problems of man-made mineral deposit development]. *Ratsionalnoye osvoeniye nedr*, 2012, no. 6, pp. 14–22. (In Russ.).

12. Arbatov A.A. *Strategiya syryevogo obespecheniya v narodnokhozyaystvennom razviti* [Strategy for raw material supply in national economic development]. Moscow, Nauka Publ., 1989. 279 p. (In Russ.).

13. Knysh V.A., Larichkin F.D. Governmental stimulation of the mining waste processing in the Arctic zone. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2019, vol. 302, pp. 012043.

© М. В. Мишенин, Н. В. Юркевич,
И. В. Филимонова, А. П. Саматова, 2023