

Потенциал техногенного минерального сырья в России и проблемы его рационального использования

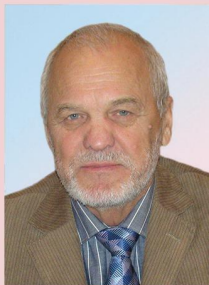


Лариса Ивановна

ГОНЧАРОВА

Институт экономических проблем им. Г.П. Лузина Кольского научного центра РАН

184209, Россия, г. Апатиты, ул. Ферсмана, д. 24а, goncharova@iep.kolasc.net.ru



Федор Дмитриевич

ЛАРИЧКИН

доктор экономических наук, профессор

Институт экономических проблем им. Г.П. Лузина КНЦ РАН

184209, Россия, г. Апатиты, ул. Ферсмана, д. 24а, lfd@iep.kolasc.net.ru



Владимир Николаевич

ПЕРЕИН

ОАО «Мурманская геологоразведочная экспедиция»

184209, Россия, г. Апатиты, ул. Ферсмана, д. 26, mgrexp@com.mels.ru

Аннотация. Нарастающее негативное воздействие горнопромышленных отходов (ГПО) на природные экосистемы зачастую приводит к их необратимому разрушению, которое постепенно принимает глобальный характер, обуславливая особую актуальность исследования, с одной стороны, возможностей минимизации удельных объемов образования ГПО во всех видах производств, с другой стороны, максимизации комплексного использования их ценных составляющих в качестве вторичных материальных ресурсов (ВМР) на экономически рациональной основе и реабилитации нарушенной природной среды. Рациональное использование природного и техногенного минерального сырья во многом обеспечивается при геологическом изучении и

геолого-экономической оценке выявленных ресурсов, что обуславливает необходимость разработки специфических методических подходов к экономическому обоснованию параметров кондиций для оконтуривания и подсчета промышленных запасов многокомпонентного сырья и отдельных ценных компонентов в нем. Анализ показывает, что точки зрения исследователей по целому ряду методологических положений рационального недропользования, комплексной переработки многокомпонентного сырья зачастую являются противоречивыми. Проблемы стоимостной оценки ГПО как ВМР практически не рассматриваются в публикациях. Переработка ГПО должна рассматриваться как важная составная часть общей социо-эколого-экономической системы рационального природопользования. Анализ существующей практики использования ГПО должен основываться на системном подходе и учитывать геологические, технологические, экономические, природоохранные и социальные характеристики по всему циклу добычи, комбинированной переработки и обращения с вторичными отходами по принципу «от земли до земли». В статье выявлены основные барьеры на пути утилизации горнопромышленных отходов, предложен ряд методологических положений рационального недропользования и комплексной переработки многокомпонентного сырья, обоснована методика оценки экономической эффективности комплексного использования техногенного сырья. Данная методика была использована в практических расчетах для оценки различных вариантов повышения эффективности переработки отходов АО «Ковдорский ГОК» и других объектов.

Ключевые слова: горнопромышленные отходы, организационно-экономический механизм обращения с отходами, методы стоимостной оценки, оценка экономической эффективности, рациональное природопользование, комплексное использование сырья.

Мировой объем добычи полезных ископаемых в последнее столетие возрастает почти на 10% в год, составляя в настоящее время около 500 млрд. т, при этом из недр ежегодно извлекается и более 800 млрд. т вмещающих пород. В связи с первоочередной отработкой наиболее доступных и богатых месторождений и необходимостью вовлечения в эксплуатацию все более бедного сырья наблюдается тенденция превышения темпов накопления горнопромышленных отходов (ГПО) над темпами роста промышленного производства.

Нарастающее негативное воздействие ГПО на природные экосистемы зачастую приводит к их необратимому разрушению, которое постепенно принимает глобальный характер, обуславливая особую актуальность исследования возможностей, с одной стороны, минимизации удельных объемов образования ГПО во всех видах производств, с другой стороны, макси-

мизации комплексного использования их ценных составляющих в качестве вторичных материальных ресурсов (ВМР) на экономически рациональной основе и реабилитации нарушенной природной среды.

Развитые страны мира и Европы добились высоких уровней использования горнопромышленных отходов в качестве ВМР и планируют в ближайшей перспективе полное прекращение практики захоронения отходов. При этом происходил переход от концепции безопасного обращения с ГПО к концепции так называемого «промышленного метаболизма». Эта концепция основана на комплексной оценке экономической эффективности мер по защите окружающей среды на всех стадиях производства и потребления продукции, начиная с добычи полезных ископаемых и заканчивая ликвидацией производимых материалов и изделий после истечения срока эксплуатации.

Использование любых видов ВМР представляет собой многоплановую проблему, охватывающую все отрасли материального производства, сферу услуг, экспорт и импорт, ресурсопотребление, ресурсосбережение, охрану и реабилитацию окружающей среды.

В России низкий уровень использования ГПО в качестве вторичных материальных ресурсов обусловлен не отсутствием технологических разработок, а несовершенством организационно-экономического механизма обращения с отходами, методов их стоимостной оценки, методологии оценки экономической эффективности комплексной утилизации их ценных составляющих, отсутствием у предприятий реальных экономических стимулов переработки ГПО.

Научные основы разведки, технологии, экономики рационального комплексного освоения и использования природных и техногенных ресурсов разработали отечественные ученые и специалисты: М.И. Агошков, А.С. Астахов, Н.П. Банный, А.Х. Бенуни, С.Н. Бобылев, А.М. Быбочкин, В.И. Вернадский, А.Д. Верхотуров, В.Н. Виноградов, Т.А. Гатов, Э.В. Гирусов, И.М. Грацерштейн, В.Т. Калинин, Ю.А. Киперман, М.А. Комаров, Г.Д. Кузнецов, В.Н. Лексин, Н.В. Мельников, Б.К. Михайлов, С.А. Первушин, В.А. Резниченко, А.М. Сечевица, К.Н. Трубецкой, В.А. Федосеев, А.Е. Ферсман, В.А. Чантурия и др. [1].

Зарубежные исследователи К. Друри, Хан Дитгер, С. Fontain, Н. Court, Н. Culmann, М. De Narbonn, L. Lawrence, С. Schlatter, К. Slater, С. Wootton и др. [2] терминологию и понятие комплексного использования сырья практически не используют и исследуют главным образом только распределение совокупных затрат комплексного производства между основ-

ным (целевым) продуктом и так называемыми попутными (побочными, сопутствующими) продуктами (компонентами).

Ключевое значение для социо-эколого-экономической эффективности рационального природопользования имеет основополагающая теория ноосферы акад. В.И. Вернадского [3], направленная на рациональное научное преобразование биосферы в «ноосферу» – сферу разума – в соответствии с законами сохранения и поддержания жизни для гармоничного сосуществования общества и природы. Основой большинства конкретных проектов в области недропользования является теория комплексного использования всей совокупности ценных составляющих минерального сырья на принципах эколого-экономической эффективности акад. А.Е. Ферсмана [4].

Разнообразные виды ГПО, как и природное минеральное сырье, имеют сложный многокомпонентный состав; проблемы рационального их использования рассматриваются как составная часть проблемы комплексного природо-, недропользования (М.И. Агошков, А.Х. Бенуни, В.И. Вернадский, И.М. Грацерштейн, В.Т. Калинин, Ю.А. Киперман, М.А. Комаров, Г.Д. Кузнецов, В.Н. Лексин, Н.В. Мельников, Б.К. Михайлов, В.А. Резниченко, В.А. Федосеев, А.Е. Ферсман [1, 5]).

В современной концепции рационального природопользования особое место занимают экологические проблемы, что требует учета экологических эффектов, достигаемых в результате повышения полноты комплексного использования природного и техногенного сырья.

Рациональное использование природного и техногенного минерального сырья во многом обеспечивается при геологическом изучении и геолого-экономической

оценке выявленных ресурсов, что обуславливает необходимость разработки специфических методических подходов к экономическому обоснованию параметров кондиций для оконтуривания и подсчета промышленных запасов многокомпонентного сырья и отдельных ценных компонентов в нем [6, 7].

Анализ показывает, что точки зрения исследователей в отношении целого ряда методологических положений рационального недропользования, комплексной переработки многокомпонентного сырья зачастую являются противоречивыми. Важнейшие теоретические вопросы оценки экономической эффективности получения каждого из ценных компонентов техногенного сырья остаются недостаточно исследованными. Поэтому они нуждаются в дальнейшем развитии применительно к современным условиям хозяйствования. Проблемы стоимостной оценки горнопромышленных отходов как ВМР не разработаны и практически не рассматриваются в публикациях.

Проблема переработки ГПО рассматривается как важная составная часть общей социо-эколого-экономической системы рационального природопользования. Анализ существующей практики использования ГПО должен основываться на системном подходе и учитывать геологические, технологические, экономические, природоохранные и социальные характеристики по всему циклу добычи, комбинированной переработки и обращения с вторичными отходами по принципу «от земли до земли».

В последние десятилетия в развитых странах, в частности в государствах-членах ЕС, за счет систематического наращивания НИОКР удалось значительно увеличить рентабельное вовлечение отходов в хозяйственный оборот для получения минерально-сырьевой продукции, выработки тепло-

вой и электрической энергии, сократить объемы захоронения отходов на полигонах, соответственно снизить негативное их воздействие на природную среду и здоровье людей.

Целесообразность вовлечения отходов производства и потребления в хозяйственный оборот в качестве вторичного сырья доказана многолетней практикой во многих странах мира. Например, в сырьевом балансе США и Японии доля отходов составляет до 26%, у большинства экономически развитых стран этот показатель колеблется в пределах 16–20%, в СССР он составлял 15%, в современной России – около 10%.

Заслуживает пристального внимания развитие законодательства, практических достижений и положительного опыта по обращению с отходами в странах Европейского союза (ЕС). В ЕС осуществляются комплексные меры по стимулированию трех взаимосвязанных направлений: а) предотвращение или сокращение образования отходов и снижение их опасных свойств; б) вовлечение отходов в хозяйственный оборот; в) сокращение отходов, направляемых на окончательное захоронение.

С 1973 г. в ЕС принято шесть среднесрочных программ по охране окружающей среды, каждая из которых представляет собой политико-правовой документ, определяющий конкретные цели, задачи и приоритетные мероприятия на ближайшую перспективу. Например, основные целевые показатели Шестой программы предусматривают сокращение по сравнению с 2000 г. уровня захоронения отходов на 20% к 2010 г. и на 50% к 2050 г., в те же сроки и примерно в тех же пределах – объемов образования опасных отходов [5].

Директивой 96/61/ЕС введено в нормы европейского права понятие «наилучшие доступные технологии» (НДТ). Начиная с

1996 г. подготовлены 33 европейских справочника по НДТ для различных отраслей промышленности, через каждые 5–7 лет проводится их переработка. Авторские права на справочники по НДТ допускают свободный перевод на другие языки и использование [5].

Ежегодный общемировой объем добычи полезных ископаемых приближается к 500 млрд. т, а объем одновременно извлекаемых из недр вмещающих пород составляет более 800 млрд. т. Таким образом, годовой объем образуемых в мире ГПО уже превышает 1000 млрд. т.

В России к настоящему времени накоплено ГПО по разным оценкам от 40 млрд. т до 100 и более.

Для рационализации сферы обращения с отходами производства и потребления в России необходимо выявить основные барьеры на пути масштабной комплексной утилизации ГПО. Основными из них являются: несовершенство нормативно-правовой базы; отсутствие экономических механизмов стимулирования деятельности по сбору, переработке и утилизации отходов; ограниченность традиционной методики оценки экономической эффективности и обоснования рационального уровня цен на различные (особенно многокомпонентные) отходы, отсутствие у предприятий экономических стимулов. Требуется уточнения также сфера полномочий субъектов Российской Федерации и органов местного самоуправления в области обращения с отходами.

Проблема обращения с отходами производства и потребления является одной из наиболее актуальных экологических и экономических проблем в регионах Севера и Арктики, в частности Мурманской области. Интенсивное недропользование на протяжении более 80 лет значительно изменило рельеф региона: появились тех-

ногенные горы из ГПО высотой до 60 м, в которых по подсчетам специалистов и статистическим данным по состоянию на 01.01. 2011 г. накоплено более 8 млрд. т; карьеры глубиной свыше 500 м; хвостовые и шламохранилища площадью несколько тыс. га и высотой до 50 м, при этом несколько гор, озер и рек исчезло с лица земли. Среднегодовой объем образования отходов производства и потребления в области составляет около 100 млн. т.

Одно из эффективных направлений разрешения проблем с горнопромышленными отходами представляет снижение их выхода и объема на всех стадиях и операциях производства. В этом направлении в содружестве с учеными институтов КНЦ РАН и ВНИМИ разработана методика опережающих инженерно-геологических и геомеханических исследований массива горных пород при эксплуатации глубоких карьеров с максимальными углами устойчивых бортов [8], позволяющая минимизировать риски их обрушения и сократить объемы вскрышных пород и выхода ГПО (рис. 1).

В частности, в условиях карьера ОАО «Ковдорский ГОК» увеличение наклона конечного борта с 40 до 50° (зависит от параметров конкретных пород) сокращает объем вскрышных пород и выхода ГПО на 40% (примерно 4% на 1° увеличения угла) при сохранении его прежних размеров по поверхности и глубине.

Особенность освоения многокомпонентного горнопромышленного сырья заключается в том, что экономическая эффективность использования природного и техногенного сырья в целом еще не гарантирует эффективности производства каждого из содержащихся в нем ценных компонентов и наоборот.

Существующий методологический подход к оценке эффективности освоения

Рисунок 1. Схема освоения глубоких горизонтов:
D – вариант глубокого карьера с максимальными углами устойчивых бортов

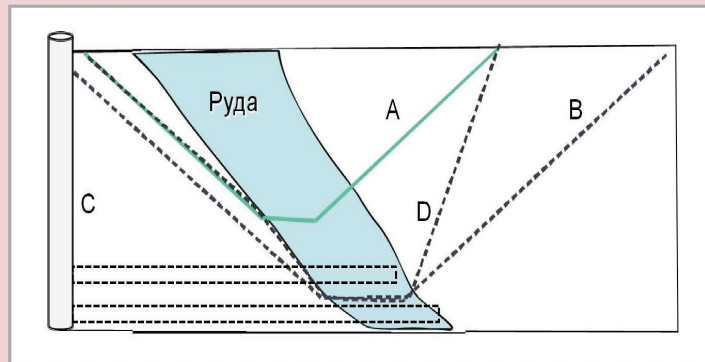
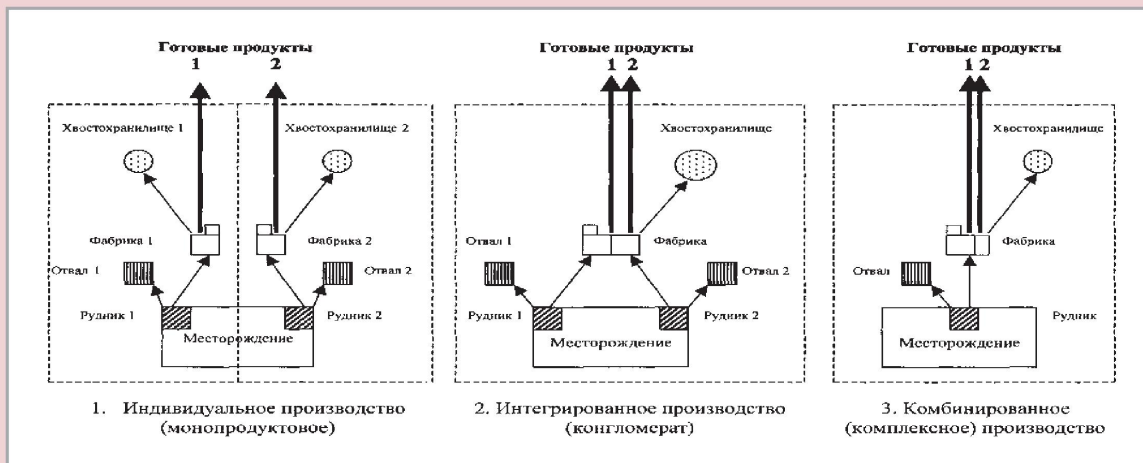


Рисунок 2. Разновидности моделей производств при использовании месторождения многокомпонентных ГПО [1]



многокомпонентного сырья основывается на возмещении полных затрат на производство оцениваемого компонента в условиях монопродуктовых предприятий. На практике это приводит к завышению затрат на производство каждого отдельного компонента, а следовательно, к необоснованному сужению экономически эффективных границ комплексного использования ГПО.

Эколого-экономические достоинства комплексного использования сырья и возникновение синергетического эффекта наглядно представлены при сравнительном анализе моделей индивидуального

(монопродуктового), интегрированного и комплексного производств, организуемых на базе одного и того же техногенного месторождения многокомпонентных ГПО (рис. 2).

Следует отметить важную особенность использования ГПО: в сравнении с использованием природного минерального сырья относительная величина совокупных косвенных затрат на добычу и подготовку к комплексной утилизации техногенного сырья – ГПО (особенно отходов обогащения) существенно ниже.

В связи с этим обоснована методика оценки экономической эффективности

комплексного использования техногенного сырья – ГПО, включающая два этапа:

1) предварительная оценка экономической эффективности извлечения каждого из ценных компонентов сырья в отдельности, которая определяется из условия возмещения только прямых производственных затрат, связанных с организацией извлечения оцениваемого компонента, без учета косвенных расходов;

2) окончательная оценка экономической эффективности комплексной утилизации техногенного сырья в целом, которая выявляется из условия возмещения общей суммы прямых и косвенных затрат на добычу и комплексную переработку сырья при учете только тех компонентов, извлечение которых экономически оправданно в соответствии с принципом этапа 1.

Перечисленные принципы рекомендуемой методики применительно к многокомпонентным ГПО с учетом основных положений действующих методических рекомендаций по оценке эффективности инвестиционных проектов представлены следующей системой неравенств [9]:

$$\begin{cases} \sum_{t=0}^T (C_{it} - Z_{nit} - K_{nit} \pm \mathcal{E}_{it})(1+E)^{-t} \geq 0 & (1) \\ ЧДД = \sum_{t=0}^T (C_t - Z_t - K_t \pm \mathcal{E}_t)(1+E)^{-t} \geq 0 & (2) \end{cases}$$

где C_{it} – цена i -го компонента в готовой продукции в году t ;

Z_{nit}, K_{nit} – прямые, соответственно, текущие и единовременные затраты на производство i -го компонента в готовой продукции в году t ;

\mathcal{E}_{it} – экологическая составляющая (учитываемая и выгоды и затраты) извлечения i -го компонента из ГПО в году t (может быть положительной и отрицательной);

C_t – экономический результат (общая стоимость реализованной продукции с учетом всех ценных компонентов, извлечение которых удовлетворяет условию (1) в t -ом году;

Z_t – общие эксплуатационные затраты на добычу и комплексную переработку ГПО в t -ом году (без учета амортизационных отчислений);

K_t – капитальные вложения в t -ом году;

\mathcal{E}_t – общий экологический результат комплексной переработки ГПО в году t ;

E – коэффициент дисконтирования, значение которого рекомендуется принимать на основе процента банковской ставки (применительно к разработке месторождений ГКЗ РФ рекомендует на уровне 10–15% [11]);

$t = 0$ – год начала эксплуатации (реализации проекта);

T – год завершения инвестиционного проекта (эксплуатации месторождения, общий горизонт расчета не более 20 лет).

Предлагаемый метод оценки экономической эффективности использования техногенного сырья по сравнению с традиционным существенно расширяет экономически эффективные границы комплексного использования ГПО.

В качестве практического примера выполнено обобщение и систематизация работ по изучению и промышленному использованию отходов (хвостов) обогащения в ОАО «Ковдорский ГОК», проанализированы работа предприятия, научно-исследовательских и проектных организаций по исследованию, разработке, проектированию и освоению технологии добычи и переработки наиболее богатой части накопленных хвостов обогащения 1-го поля хвостохранилища; работы по разведке, технологической и геолого-экономической оценке более бедных хвостов обогащения 2-го поля хвостохранилища, разработаны методологические подходы к обоснованию параметров кондиций для оконтуривания и подсчета промышленных запасов многокомпонентного техногенного сырья.

Отходы переработки магнетитовых и апатитовых руд Ковдорского месторожде-

ния складываются в хвостохранилище: в период 1962–1981 гг. в 1-е поле, в период с 1982 г. по настоящее время – во 2-е поле хвостохранилища. Основной объем 1-го поля хвостохранилища сформирован до ввода в 1975 г. в эксплуатацию апатит-бадделейтовой обогатительной фабрики (АБОФ) и представлен хвостами мокрой магнитной сепарации (ММС), обогащенных апатитом и бадделейтом.

Добыча и транспортировка сырья техногенного месторождения осуществляется с 1995 г. штатным оборудованием предприятия. Результаты переработки лежалых хвостов приведены в *таблице*. Как следует из таблицы, содержание ценных компонентов в хвостах выше, чем в первичной руде из основного карьера (в 2007–2008 гг.: P_2O_5 – 7,12–7,19%; ZrO_2 – 0,15–0,16%).

Качественные показатели обогащения лежалых хвостов, за исключением извлечения P_2O_5 , в начальный период практически находились на уровне показателей при переработке руд коренного месторождения, а с вовлечением в переработку всё в больших объемах тонкозернистых хвостов нижних горизонтов извлечение P_2O_5 в апатитовый концентрат существенно снижается.

С вводом в 2007 г. в ОАО «Ковдорский ГОК» новой фабрики по переработке хвостов возникла задача обеспечения ее сырьем. Поэтому было принято решение о геологическом изучении запасов хвостов 2-го поля хвостохранилища для технико-экономического обоснования эффективности их промышленного освоения.

Показатели переработки лежалых хвостов 1-го поля хвостохранилища ОАО «Ковдорский ГОК»

Показатели	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Переработка хвостов, млн. т	0,364	3,06	3,21	3,96	3,41	3,83	3,28	2,99	1,19	1,09	5,00	5,45	5,70	4,68	4,56	3,44
Содержание в хвостах:																
P_2O_5 , %	10,43	10,37	10,40	10,62	11,36	10,90	11,03	11,16	11,20	12,14	10,75	10,95	9,98	10,88	11,3	11,3
ZrO_2 , %	0,258	0,38	0,36	0,36	0,36	0,35	0,32	0,33	0,29	0,30	0,26	0,30	0,27	0,28	0,286	0,277
Кл. – 0,071 мм, %	13,5	14,0	19,2	17,0	21,0	25,9	29,8									
Влаги, %	7,2	7,2	7,5	7,6	8,4	9,4	9,7	10,25	10,12	8,88	11,34	14,71	14,48	16,43	17,1	19,0
Произведено апатитового кон-та, тыс. т	29,0	489,6	491,3	644,1	579,3	598,8	524,6	467,3	179,6	168,5	552,6	577,6	598,2	516,5	461,8	236,4
Содержание P_2O_5 в кон-те, %	38,3	38,2	38,0	38,1	38,1	38,2	38,2	38,2	38,1	38,0	37,88	37,74	37,79	37,72	37,26	37,27
Извлечение P_2O_5 в кон-т, %	56,3	62,7	60,1	62,5	61,6	60,0	60,7	58,9	56,6	50,7	49,0	48,5	48,5	45,2	39,9	27,68
Произведено бадделейтового кон-та, тыс. т	0,148	2,236	2,528	3,265	2,612	2,779	2,233	2,095	0,786	0,81	1,114	0,296	1,321	1,881	2,07	1,29
Содержание ZrO_2 в кон-те, %	98,3	98,1	98,0	98,3	98,2	98,4	98,5	98,6	98,53	98,58	98,56	98,41	98,58	98,54	98,55	98,46
Извлечение ZrO_2 в кон-т, %	18,0	20,2	23,4	24,4	25,3	25,5	25,4	25,6	24,8	26,3	25,76	23,71	26,39	16,82	18,9	16,42

Выполненный комплекс работ по разведке и технологическому изучению этого объекта позволил произвести подсчет ресурсов, перспективных для повторной переработки, а также разработать все необходимые технические и технологические решения, обеспечивающие возможность получения из бедного сырья, содержащего в среднем 4,6% P_2O_5 , 4,26% $Fe_{вал.}$ и 0,21% ZrO_2 , кондиционных апатитового, железорудного и бадделеитового концентратов при извлечении соответственно 27, 30 и 19%.

Для обоснованного оконтуривания (в рамках выявленных ресурсов), подсчета промышленных запасов техногенного месторождения и ценных компонентов в них критически рассмотрены действующие Методические рекомендации Государственной комиссии по запасам полезных ископаемых (ГКЗ) РФ [10, 11], имеющиеся в литературе методические подходы к определению основных параметров кондиций для условий многокомпонентного сырья природного и техногенного происхождения с точки зрения комплексного использования для производства не одного, а нескольких ценных компонентов на экономически рациональной основе.

При этом выявлены существенные недостатки действующих Методических указаний по обоснованию параметров кондиций на многокомпонентное минеральное как природное, так и техногенное сырье, на практике существенно ограничивающие, сужающие, а в ряде случаев исключающие полностью возможность его комплексного использования.

В связи с этим доказано, что оконтуривание и подсчет промышленных запасов многокомпонентного техногенного сырья необходимо осуществлять на основе предельных (браковочных) содержаний каждого как «основного», так и всех «по-

путных» компонентов, соответствующих их бортовым содержаниям, и минимально-промышленного содержания условного компонента (в пересчете всех ценных компонентов в основной целевой компонент) [6, 7].

Для повышения обоснованности оконтуривания и подсчета промышленных запасов многокомпонентного техногенного сырья предложена методика аналитического определения предельного (браковочного, бортового) содержания каждого ценного составляющего ГПО.

Предельные (браковочные, бортовые) содержания рекомендовано определять из условия возмещения только прямых производственных затрат, возникающих при организации производства компонента, а при определении минимально-промышленного содержания условного компонента учитывать только те ценные составляющие, содержание которых выше соответствующего предельного (бортового).

Таким образом, впервые предложена научно обоснованная методика количественного расчета основных параметров кондиций для оконтуривания и подсчета промышленных запасов техногенного минерального сырья. Разработанная методика дает возможность обеспечить максимальную экономическую эффективность комплексного использования горнопромышленных отходов.

Обобщены современные методические подходы к стоимостной оценке ГПО как вторичных материальных ресурсов, разработана методика и процедура обоснования и согласования рационального взаимоприемлемого уровня договорных цен на ГПО [12], обеспечивающего экономическую эффективность операций приема-передачи как для потенциальных переработчиков, так и предприятий-владельцев ГПО.

Обоснована методика определения перспективных цен на продукцию, получаемую из сырья техногенного месторождения [13, 14], и прямых затрат на производство каждого ценного компонента из промышленных отходов для предприятия ОАО «Ковдорский ГОК». Определены параметры кондиций и подсчитаны промышленные запасы ГПО во 2-м поле хвостохранилища, выполнен технико-экономический расчет эффективности их промышленного освоения.

Среди значительного количества барьеров на пути утилизации ГПО особенно сложные проблемы и острые, порой непримиримые, споры между контрагентами – производителями и переработчиками – возникают при стоимостной оценке и согласовании цен на разного рода полуфабрикаты, промежуточные продукты (шламы, шлаки, стоки, пыли, возгоны, хвосты обогащения и другие текущие и накопленные отходы разных стадий производства). Наиболее ярко такая ситуация проявляется при организации переработки (утилизации) накопленных (лежалых) ГПО.

Анализ опыта обращения с отходами показывает, что по мере развития технологии использования ГПО и совершенствования процесса переработки повышается качество получаемой на их основе продукции: от суррогатного неполноценного заменителя до высококачественной высококонкурентной продукции. В результате первоначально бросовые, не имеющие стоимости отходы становятся ценным сырьем и должны получать адекватную стоимостную оценку.

С точки зрения экономической теории безвозвратные потери и неиспользуемые отходы не подлежат стоимостной оценке, поскольку в момент образования они не имеют потребительной стоимости, следовательно, не могут иметь и меновой стоимости.

Однако с начала промышленной переработки ГПО переходят в категорию используемых, включаются в номенклатуру минерального сырья, пригодного для комплексной переработки, и должны оцениваться на основе общих принципов ценообразования. Следовательно, меновая стоимость (цена) определенного объема ГПО должна соответствовать его потребительной стоимости.

Такой качественный переход ГПО из категории бросовых, неиспользуемых отходов в момент их образования в категорию полезной продукции после разработки эффективной технологии утилизации ГПО на практике осложняет их производительное использование. Проблема заключается в том, что предприятия-владельцы ГПО стараются получить ощутимую прибыль от их реализации, а для потребителей любая, даже чисто символическая, цена вчера еще никому не нужных отходов является психологически отталкивающим фактором.

Поэтому основой экономических стимулов и заинтересованности потенциальных переработчиков и предприятий-владельцев ГПО является научно обоснованный взаимоприемлемый уровень цен на ГПО, обеспечивающий рентабельность операций приема-передачи ГПО для каждого из контрагентов.

Решение этой проблемы заключается, с одной стороны, в разработке научно обоснованной методологии оценки экономической эффективности утилизации ГПО в направлении более полного учета всех дополнительных эффектов и затрат предприятий-владельцев отходов и потенциальных их потребителей, с другой – в разработке методики стоимостной оценки отходов и формирования взаимовыгодной цены на договорной основе с использованием процедур сближения и согласования позиций.

В частности, окончательная договорная цена ГПО должна определяться из согласованного распределения между участниками общего экономического эффекта конкретного проекта утилизации на основе оценки вклада каждого участника в реализацию совместного проекта [12, 13, 14].

Перспективные цены на продукцию, вырабатываемую из техногенного сырья, предложено определять на основе анализа тенденций изменения мировой конъюнктуры, в частности, применительно к техногенному объекту ОАО «Ковдорский ГОК» по фосфатному сырью и удобрением, цены на которые, в свою очередь, во многом обуславливаются конъюнктурой мирового сельскохозяйственного рынка.

С учетом обоснованных таким образом цен и прямых затрат на производство каждого из концентратов определены предельные (браковочные, бортовые) содержания каждого из ценных компонентов и минимально-промышленное содержание условного компонента (в пересчете на P_2O_5) и выполнен подсчет промышленных запасов и прогнозных ресурсов (на участке в районе прудка-отстойника действующего хвостохранилища, не доступного для проведения геологоразведочных работ).

На основе выполненных расчетов рекомендуется в качестве основного варианта переработки предварительно оцененных и подсчитанных запасов отходов (хвостов) 2-го поля хвостохранилища совместная

отработка 1-го и 2-го сортов, обеспечивающая рентабельность производства [9]: положительный ЧДД, приемлемый индекс доходности, но характеризующаяся большим сроком окупаемости капиталовложений и небольшим запасом прочности (ВНД чуть больше принятой минимальной нормы ставки дисконтирования).

Поэтому рекомендуется дополнительно оценить следующие варианты возможного повышения эффективности переработки отходов (хвостов) 2-го поля хвостохранилища:

1. Исходя из обоснованных параметров кондиций бортовых (браковочных) содержаний полезных компонентов выделить из общих запасов отходов более богатую часть.

2. Определить эффективность использования земснарядов для переработки рыхлых отходов 2-го поля хвостохранилища, учитывая сложности гидрогеологических условий отработки отходов как 1-го, так и, особенно, 2-го поля, а также большие затраты на осушение действующего карьера на 1-м поле. Если использовать земснаряд, то не потребуются работы по осушению залежи, значительную часть шламов можно будет сбрасывать на месте и не транспортировать на обогатительную установку.

В целом горнопромышленные отходы 2-го поля хвостохранилища являются дополнительной сырьевой базой, которая учитывается в стратегии долгосрочного развития ОАО «Ковдорский ГОК».

Литература

1. Ларичкин, Ф.Д. Научные основы оценки экономической эффективности комплексного использования минерального сырья / Ф.Д. Ларичкин. – Апатиты: КНИЦ РАН, 2004. – 252 с.
2. Специфика учета и управления ресурсами и затратами в комбинированных горнопромышленных производствах / Ф.Д. Ларичкин, А.Г. Воробьев, Ю.Г. Глушенко, Т.А. Блошенко, Т.А. Ковырзина; под ред. Ф.Д. Ларичкина, А.Г. Воробьева. – Апатиты: КНИЦ РАН, 2012. – 285 с.
3. Вернадский, В.И. Биосфера и ноосфера / В.И. Вернадский. – М.: Наука, 1969. – 262 с.
4. Ферсман, А.Е. Комплексное использование ископаемого сырья / А.Е. Ферсман. – Л.: АН СССР, 1932. – 20 с.

5. Техногенные минерально-сырьевые ресурсы / Б.К. Михайлов, Ю.А. Киперман, М.А. Комаров, В.А. Коткин, Е.А. Каменев, А.Б. Аширматов; под ред. Б.К. Михайлова. – М.: Научный мир, 2012. – 236 с.
6. О методологии обоснования параметров кондиций на месторождениях многокомпонентных руд: анализ нормативно-методической документации / Ф.Д. Ларичкин, Азим Иброхим, Ю.Г. Глушенко, В.Н. Переин, Б.С. Хамзин // Горный журнал. – 2011. – № 7. – С. 36-39.
7. О методологии обоснования параметров кондиций на месторождениях многокомпонентных руд: учет специфики комплексного использования сырья при обосновании параметров кондиций / Ф.Д. Ларичкин, Азим Иброхим, Ю.Г. Глушенко, В.Н. Переин, Б.С. Хамзин // Горный журнал. – 2011. – № 8. – С. 69-72.
8. Melikhova, G.S. New Structural Engineering Survey Method for Design and Operation of Deep Open Pit Mines / G.S. Melikhova, D.V. Zhirov, V.N. Perein // World Finance Review. – March 2012. – P. 10-11.
9. Экономическая эффективность утилизации отходов обогащения и подготовки резервной сырьевой базы предприятия / И.В. Мелик-Гайказов, Т.А. Ковырзина, Ф.Д. Ларичкин, В.И. Белобородов, В.Н. Переин // Труды Карельского научного центра РАН. – 2012. – № 6. – С. 172-181.
10. Методические рекомендации по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов: рекомендованы к использованию протоколом МПР России от 03.04.2007 г. № 11-17/0044-пр. – М.: ФГУ ГКЗ, 2007. – 16 с.
11. Методические рекомендации по технико-экономическому обоснованию кондиций для подсчета запасов месторождений твердых полезных ископаемых (кроме углей и горючих сланцев): утверждены распоряжением МПР России от 05.06.2007 г. № 37-р. – М.: НП НАЭН, 2007. – 60 с.
12. Ганина, Л.И. Эффективность использования отходов горнопромышленного комплекса Мурманской области в строительной отрасли / Л.И. Ганина, О.Н. Крашенинников, Ф.Д. Ларичкин // Строительные материалы. – 2006. – № 11 (623).
13. Теория и практика ценообразования на продукцию комплексной переработки минерального сырья / Ф.Д. Ларичкин, А.Г. Воробьев, Ю.Г. Глушенко, Азим Иброхим, В.Н. Переин, М.А. Иванов // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2010. – № 32 (89). – С. 24-30.
14. Ларичкин, Ф.Д. Теория и практика стоимостной оценки полезных компонентов в минеральном сырье и продуктах его комплексной переработки / Ф.Д. Ларичкин. – М.: НП НАЭН, 2008. – 88 с.

Сведения об авторах

Лариса Ивановна Гончарова – научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт экономических проблем им. Г.П. Лузина Кольского научного центра РАН (184209, Россия, г. Апатиты, ул. Ферсмана, д. 24а, goncharova@iep.kolasc.net.ru)

Федор Дмитриевич Ларичкин – доктор экономических наук, профессор, директор, Институт экономических проблем им. Г.П. Лузина Кольского научного центра РАН (184209, Россия, г. Апатиты, ул. Ферсмана, д. 24а, lfd@iep.kolasc.net.ru)

Владимир Николаевич Переин – генеральный директор ОАО «Мурманская геологоразведочная экспедиция» (184209, Россия, г. Апатиты, ул. Ферсмана, д. 26, mgrexp@com.mels.ru)

Goncharova L.I., Larichkin F.D., Perein V.N.

Potential of Technogenic Mineral Raw Materials in Russia and the Issues of its Rational Use

Larisa Ivanovna Goncharova – Research Associate, Federal State-Financed Scientific Institution G.P. Luzin Institute of Economic Problems of Kola Scientific Centre of RAS (24A, Fersman Street, Apatity, 184209, Russian Federation, goncharova@iep.kolasc.net.ru)

Fedor Dmitrievich Larichkin – Doctor of Economics, Professor, Director, G.P. Luzin Institute of Economic Problems of Kola Scientific Centre of RAS (24A, Fersman Street, Apatity, 184209, Russian Federation, lfd@iep.kolasc.net.ru)

Vladimir Nikolaevich Perein – Director General JSC Murmansk Geological Exploration Expedition (26, Fersman Street, Apatity, 184209, Russian Federation, mgrexp@com.mels.ru)

Abstract. The increasing negative impact of mining waste on natural ecosystems often leads to their irreversible destruction, a trend that is gradually becoming global. The particular relevance of the research is explained, on the one hand, by the possibilities of minimization of specific volumes of formation of mining waste in all types of industries; on the other hand, by the possibilities of maximization of comprehensive use of their valuable components as secondary material resources on an economically rational basis and the possibilities of restoring the disturbed natural environment. The rational use of natural and technogenic mineral raw materials is greatly facilitated by the geological exploration and geological-economic evaluation of the resources, which requires the development of specific methodological approaches to the economic justification of resource estimation parameters for outlining and calculating the multicomponent commercial reserves of raw materials and separate valuable components in them. Analysis shows that researchers' opinions on a number of methodological principles of sustainable mining, complex processing of multicomponent materials are often contradictory. Scientific publications do not consider the issue of the price valuation of mining waste as secondary material resources. Mining waste processing should be considered as an important part of the overall socio-ecological-economic system for rational nature management. The analysis of the existing practice of using the mining waste should be based on the system approach and take into consideration geological, technological, economic, environmental and social characteristics throughout the cycle of production, combined processing and treatment of secondary waste according to the principle "from the earth to the earth". The article identifies the main barriers to the recycling of mining wastes, proposes several methodological guidelines for the sustainable mining and comprehensive processing of multicomponent raw materials. The authors also substantiate the methodology for economic efficiency assessment of complex utilization of technogenic raw materials. This technique has been used in practical calculations to assess various options to improve the efficiency of waste recycling at JSC Kovdorsky GOK and other facilities.

Key words: mining waste, organizational and economic mechanism for waste management, price valuation methods, evaluation of economic effectiveness, rational nature management, integrated use of raw materials.

References

1. Larichkin F.D. *Nauchnye osnovy otsenki ekonomicheskoi effektivnosti kompleksnogo ispol'zovaniya mineral'nogo syr'ya* [Scientific Basis for Economic Evaluation of Integrated Utilization of Mineral Raw Materials]. Apatity: KNTs RAN, 2004. 252 p.
2. Larichkin F.D., Vorob'ev A.G., Glushchenko Yu.G., Bloshenko T.A., Kovyrzina T.A. *Spetsifika ucheta i upravleniya resursami i zatratami v kombinirovannykh gornopromyshlennykh proizvodstvakh* [Specifics of Accounting and Management of Resources and Costs at Combined Mining Productions]. Ed. by F.D. Larichkin, A.G. Vorob'ev. Apatity: KNTs RAN, 2012. 285 p.
3. Vernadskii V.I. *Biosfera i noosfera* [Biosphere and Noosphere]. Moscow: Nauka, 1969. 262 p.
4. Fersman A.E. *Kompleksnoe ispol'zovanie iskopaemogo syr'ya* [Complex Use of Mineral Raw Materials]. Leningrad: AN SSSR, 1932. 20 p.
5. Mikhailov B.K., Kiperman Yu.A., Komarov M.A., Kotkin V.A., Kamenev E.A., Ashirmatov A.B. *Tekhnogennyye mineral'no-syr'evyye resursy* [Technogenic Mineral Resources]. Ed. by B.K. Mikhailov. Moscow: Nauchnyi mir, 2012. 236 p.

6. Larichkin F.D., Ibrokhim Azim, Glushchenko Yu.G., Perein V.N., Khamzin B.S. O metodologii obosnovaniya parametrov konditsii na mestorozhdeniyakh mnogokomponentnykh rud: analiz normativno-metodicheskoi dokumentatsii [About the Substantiation Methodology for Standards' Parameters at the Polycomponent Ores Deposits and the Ways of their Overcoming. Analysis of Normative-Methodical Documentation]. *Gornyi zhurnal* [Mining Journal], 2011, no. 7, pp. 36-39.
7. Larichkin F.D., Ibrokhim Azim, Glushchenko Yu.G., Perein V.N., Khamzin B.S. O metodologii obosnovaniya parametrov konditsii na mestorozhdeniyakh mnogokomponentnykh rud: uchet spetsifiki kompleksnogo ispol'zovaniya syr'ya pri obosnovanii parametrov konditsii [Complications and Contradictions of Methodology of Substantiation of Conditions Parameters at Deposits of Polycomponent Ores and Ways of Negotiation]. *Gornyi zhurnal* [Mining Journal], 2011, no. 8, pp. 69-72.
8. Melikhova G.S., Zhirov D.V., Perein V.N. New Structural Engineering Survey Method for Design and Operation of Deep Open Pit Mines. *World Finance Review*, 2012, March, pp. 10-11.
9. Melik-Gaikazov I.V., Kovyrzina T.A., Larichkin F.D., Beloborodov V.I., Perein V.N. Ekonomicheskaya effektivnost' utilizatsii otkhodov obogashcheniya i podgotovki rezervnoi syr'evoi bazy predpriyatiya [Economic Effectiveness of Utilization of Rock Refuse and Preparation of the Backup Resource Base of an Enterprise]. *Trudy Karel'skogo nauchnogo tsentra RAN* [Proceedings of Karelian Research Center of RAS], 2012, no. 6, pp. 172-181.
10. *Metodicheskie rekomendatsii po kompleksnomu izucheniyu mestorozhdenii i podschetu zapasov poputnykh poleznykh iskopaemykh i komponentov: rekomendovany k ispol'zovaniyu protokolom MPR Rossii ot 03.04.2007 g. № 11-17/0044-pr.* [Methodological Recommendations on the Integrated Study of Deposits and Assessment of Reserves of Associated Minerals and Components: Recommended by the Protocol of Russia's Ministry of Natural Resources of April 03, 2007 No. 11-17/0044-pr]. Moscow: FGU GKZ, 2007. 16 p.
11. *Metodicheskie rekomendatsii po tekhniko-ekonomicheskomu obosnovaniyu konditsii dlya podscheta zapasov mestorozhdenii tverdykh poleznykh iskopaemykh (krome uglei i goryuchikh slantsev): utverzheny rasporyazheniem MPR Rossii ot 05.06.2007 g. № 37-r.* [Methodological Recommendations on the Feasibility Study of Standards for Calculating the Stocks of Deposits of Firm Minerals (Except Coals and Combustible Shales): Approved by the Order of Russia's Ministry of Natural Resources of June 05, 2007 No. 37-R]. Moscow: NP NAEN, 2007. 60 p.
12. Ganina L.I., Krashennnikov O.N., Larichkin F.D. Effektivnost' ispol'zovaniya otkhodov gornopromyshlennogo kompleksa Murmanskoi oblasti v stroitel'noi otrasli [Effectiveness of Use of the Mining Waste of the Murmansk Oblast Mining Complex in the Construction Industry]. *Stroitel'nye materialy* [Construction Materials], 2006, no. 11 (623).
13. Larichkin F.D., Vorob'ev A.G., Glushchenko Yu.G., Ibrokhim Azim, Perein V.N., Ivanov M.A. Teoriya i praktika tsenoobrazovaniya na produktsiyu kompleksnoi pererabotki mineral'nogo syr'ya [The Theory and Pricing Practice on Production of Complex Processing of Mineral Raw Materials]. *Natsional'nye interesy: priority i bezopasnost'* [National Interests: Priorities and Security], 2010, no. 32 (89), pp. 24-30.
14. Larichkin F.D. *Teoriya i praktika stoimostnoi otsenki poleznykh komponentov v mineral'nom syr'e i produktakh ego kompleksnoi pererabotki* [The Theory and Practice of the Valuation of Useful Components in Mineral Raw Materials and Products of Their Complex Processing]. Moscow: NP NAEN, 2008. 88 p.