

ЭКОНОМИКА ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

УДК 338.22

И.С. Белик¹

*Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина,
г. Екатеринбург, Россия*

Н.В. Стародубец²

*Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина,
г. Екатеринбург, Россия*

С.Г. Ивлев³

*Технический университет УГМК
г. Верхняя Пышма, Россия*

С.О. Зверев⁴

*Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина,
г. Екатеринбург, Россия*

ФОРМИРОВАНИЕ ИНВЕСТИЦИОННОГО ПОРТФЕЛЯ ПРЕДПРИЯТИЯ В СООТВЕТСТВИИ С КРИТЕРИЯМИ ЦИРКУЛЯРНОЙ ЭКОНОМИКИ

Аннотация. Работа посвящена вопросу формирования инвестиционного портфеля промышленного предприятия с использованием альтернативных показателей. Целью работы является анализ потенциала циркулярной экономики для выработки практических рекомендаций по обоснованию эффективности инвестиционных проектов, выполненных с применением современных технологий. Для достижения поставленной цели авторами был выполнен обзор основных концепций, сформировавших теоретическую основу циркулярной экономики (Zero Waste, Cradle-to-Cradle, Performance economy, Industrial ecology). Рассмотрено определение циркулярной экономики, ее принципы, приведены основные процессы в промышленности, основанные на критериях циркулярной экономики (техническое обслуживание; повторное использование продукции; восстановительный ремонт продукции и/или восстановление компонентов; переработка отходов и отслужившей продукции). Предложен оригинальный методический подход, позволяющий формировать инвестиционную программу промышленного предприятия с использованием как традиционных показателей экономической эффективности (суммарная чистая текущая стоимость, внутренняя норма доходности, дисконтированный срок окупаемости), так и дополнительных показателей, построенных на критериях циркулярной экономики. С помощью данного подхода выполнена рейтинговая оценка двух альтернативных инвестиционных проектов по обращению с отходами горнообогатительного предприятия и даны рекомендации по их включению в инвестиционный портфель предприятия. Проведенная оценка показала, что ранжирование инвестиционных проектов с учетом альтернативных показателей, построенных на критериях циркулярной экономики, является более объективным, так как опирается не только на критерии экономической эффективности проектов, но и на последствия от их реализации для окружающей среды. Результаты могут быть использованы инженерами-экологами, экономистами, руководителями предприятий и регионов при формировании инвестиционного портфеля предприятия/региона в соответствии с критериями циркулярной экономики.

Ключевые слова: инвестиционный проект; циркулярная экономика; ресурсосбережение; обращение с отходами; горнодобывающие предприятия; наилучшие доступные технологии; денежные потоки; чистые дисконтированные затраты; рейтинговая оценка инвестиционных проектов.

Актуальность

Проблема накопления отходов производства и потребления на сегодняшний день является одной из наиболее актуальных. Колоссальные массы отходов размещаются не только на земной поверхности, но и скапливаются в водах мирового океана (площадь большого тихоокеанского мусорного пятна составляет около 3,43 млн км²). Из общего количества отходов, поступающих в окружающую среду каждый день, лишь небольшая их часть перерабатывается, поэтому проблема утилизации и захоронения текущего объема отходов и вторичного использования накопленных отходов требует принятия срочных мер экономического и технико-технологического характера с целью выхода из сложившейся ситуации.

Попадая в окружающую среду, отходы загрязняют почву, атмосферу, водные ресурсы продуктами разложения, выводят из хозяйственного оборота земли. При этом следует помнить, что когда-то отходы были природными ресурсами, чаще всего невозобновляемыми. Подобное необдуманное

отношение к отходам все больше приближает человечество к ресурсной катастрофе, о которой в 1972 г. в докладе «Пределы роста» говорили Д. Медоуз и коллеги [1].

Чрезвычайно напряженной ситуация с отходами остается в России. Так, по состоянию на 2016 г. в стране накоплено порядка 40 млрд т отходов производства и потребления⁵. При этом в докладе отмечается, что «приведенные цифры носят оценочный характер из-за объективных сложностей в переучете отходов, образовавшихся многие десятилетия назад, а также их доучете на вновь выявляемых неорганизованных («стихийных») свалках.

Основным источником образования отходов в России (86 %) служат горнодобывающие предприятия, что обусловлено характером и масштабами их деятельности.

Проблема накопленных отходов актуальна и для Свердловской области, в которой, по данным Государственного доклада «О состоянии и об охране окружающей среды Свердловской области в 2015 году»⁶, в 2015 г. было образовано 179,5 млн т отходов производства и потребления, из которых 83,7 млн т было утилизировано и

¹ *Белик Ирина Степановна* – доктор экономических наук, профессор кафедры экономической безопасности производственных комплексов Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия (620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19); e-mail: irinabelik2010@mail.ru.

² *Стародубец Наталья Владимировна* – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономической безопасности производственных комплексов Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия (620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19); e-mail: n.v.starodubets@gmail.com.

³ *Ивлев Сергей Геннадьевич* – магистрант Технического университета УГМК, г. Верхняя Пышма, Россия (624091, Свердловская область, г. Верхняя Пышма, пр. Успенский, 3); e-mail: irinabelik2010@mail.ru.

⁴ *Зверев Станислав Олегович* – магистрант Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия (620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19); e-mail: st-zverev@yandex.ru.

⁵ Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2016 году» // Министерство природных ресурсов и экологии РФ [Электронный ресурс] URL: <http://194.87.66.197/gosdoklad-eco-2016/> (дата обращения: 28.07.2018).

⁶ Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Свердловской области в 2015 году» // Министерство природных ресурсов Свердловской области [Электронный ресурс]. URL: goo.gl/5uzLCE (дата обращения: 20.08.2018).

обезврежено, остальная же часть размещена (временно складирована). Ежегодные низкие объемы утилизированных отходов привели к тому, что к 2015 г. в области накоплено 9214,3 млн т отходов производства и потребления, в то время как в 2011 г. данная цифра составляла 8779,3 млн т.

При этом следует отметить, что 32 % отходов в 2015 г. образовано предприятиями, занимающимися добычей руд цветных металлов, их вклад в образование отходов немного отстает от вклада предприятий, добывающих железную руду (их доля в образовании отходов в 2015 г. составила 35,2 %).

Отходы горнодобывающих предприятий размещаются на земной поверхности и под воздействием атмосферных осадков подвергаются интенсивному выщелачиванию, поэтому являются мощными источниками пылеобразования. Кроме того, в результате многолетнего воздействия данных объектов на окружающую среду поверхностные воды, являющиеся основным источником хозяйственно и питьевого водоснабжения, загрязняются тяжелыми металлами, концентрация которых порой превышает ПДК в десятки раз.

Данное отношение к отходам в России и в мире во многом укладывается в логику традиционной, линейной экономики, базирующейся на принципе добычи природных ресурсов, изготовления готового продукта и размещения отходов на полигонах в окружающей среде (принцип «take, make, waste») (рис. 1). На сегодняшний день многие компании и страны внедряют альтернативные бизнес модели, основанные на циркулярной экономике. Циркулярная мо-

дель экономики предполагает, что изготовленный продукт должен долго находиться в обороте посредством таких инструментов, как восстановление, прокат, ремонт, повторное использование, чтобы в конце цикла можно было повторно использовать сырье и ресурсы. Обращение биологических и техногенных материалов в закрытых циклах минимизирует потребление невозобновляемых природных ресурсов и поступление отходов в окружающую среду. По мнению авторов, использование принципов циркулярной экономики при формировании инвестиционных программ могло бы способствовать решению проблемы роста числа накопленных отходов производства, в том числе поступающих от горнодобывающих предприятий, что и стало целью данной работы.

Теория

Свой вклад в современное понимание циркулярной экономики внесли ряд предшествующих концепций. Одним из первых о проблеме исчерпания природных ресурсов написал Д. Медоуз с коллегами в 1972 г. в своей работе «Пределы роста» [1]. В качестве одного из способов преодоления данной проблемы авторы выделили повторное использование отходов, вовлечение их в хозяйственный оборот.

На рубеже 70–80-х гг. Walter Stahel в своей работе говорил о необходимости продления жизненного цикла товаров, производстве товаров длительного пользования, восстановлении товаров и предотвращении образования отходов [2]. Также он подчеркивал важность продажи услуг, а не това-

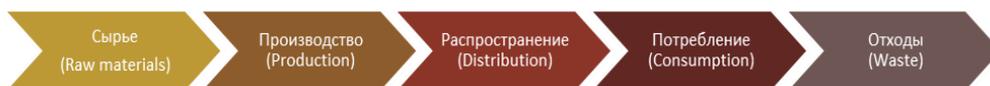


Рис. 1. Процессы традиционной (линейной) экономики

ров, там, где это возможно. Перечисленные принципы впоследствии легли в основу так называемой «экономики эффективности» (performance economy), которая позволяет предпринимателям достигать высоких показателей конкурентоспособности, сокращая при этом потребление ресурсов и предотвращая экстернализацию издержек, связанных с размещением отходов в окружающую среду и сопутствующими рисками [3, 4].

Другой концепцией, внесшей вклад в становление циркулярной экономики, стала концепция Zero waste [5], появившаяся на границе 90-х и 2000-х, ставящая своей целью полное отсутствие образованных отходов посредством изменений в используемых технологиях при производстве и распределении продукции, при этом вопросы переработки образованных отходов остаются в рамках Zero waste без внимания [6]. Подчеркивается, что сама цель – «ноль отходов» – является больше идеологической, нежели пригодной для стратегического планирования [7].

К концепции, повлиявшей на формирование циркулярной экономики, можно также отнести концепцию Cradle-to-Cradle (от колыбели до колыбели), в основе которой лежит идея минимизации образующихся отходов в связи с рециклингом и применением последних разработок науки и техники [8].

Вопросы повышения эффективности использования ресурсов и повторного использования отходов нашли свое отражение в концепции индустриальной экологии (industrial ecology). Данная концепция имеет технологическую ориентацию и предусматривает создание экоиנדустриальных парков (сеть предприятий, взаимодействующих между собой с целью улучшения экономических результатов и снижения негативного воздействия на окружающую среду путем совместного более эффективного

потребления энергии и исходного сырья) и промышленного симбиоза (использование отходов одного предприятия в качестве сырья для других предприятий) [9, 10].

Проработкой теоретических основ циркулярной экономики и ее продвижением на сегодняшний день занимается фонд Ellen MacArthur. Его авторам принадлежит наиболее цитируемое определение циркулярной экономики. Циркулярная экономика – это экономика, которой свойствен восстановительный и замкнутый характер, позволяющий резко сократить количество потребляемых природных ресурсов и количество отходов, поступающих в окружающую среду [11].

Ниже приводятся основные принципы циркулярной экономики:

- Отходы – это источник сырья (биологического сырья, либо сырья для производства). Биологические и технические комплекующие должны создаваться таким образом, чтобы их можно было вернуть в окружающую среду, либо переработать с минимальными затратами энергии и без потери качества.
- Устойчивость системы через разнообразие – системы с множеством компонентов являются более устойчивыми (то есть они способны справляться с изменениями, не теряя устойчивости и способности к развитию).
- Использование возобновляемых источников энергии.
- Системный учет экономических, экологических, социальных факторов [11].

Модель циркулярной экономики – это модель 3R (Reduce, Reuse and Recycle), что означает снижение воздействия на окружающую среду и потребления невозобновляемых ресурсов, повторное использование ресурсов, переработка отходов.

В промышленности следование модели циркулярной экономики может выражаться в осуществлении следующих процессов, основанных на ее критериях (рис. 2):

- 1) техническое обслуживание (maintain);
- 2) повторное использование продукции (reuse of goods);
- 3) восстановительный ремонт продукции и/или восстановление компонентов, (refurbishment, remanufacturing) отслужившей продукции;
- 4) переработка отходов и отслужившей продукции / рециклирование (recycling). При этом может иметь место повышенная переработка (upcycling) – преобразование материалов и отходов в

новые материалы более высокого качества; функциональная переработка (functional recycling) – восстановление материалов для первоначальной цели или других целей, за исключением получения энергии; пониженная переработка (downcycling) – преобразование материалов и отходов в новые материалы более низкого качества [11].

Указанные процессы могут формировать следующие бизнес-модели, отвечающие канонам циркулярной экономики: круговые цепочки добавленной стоимости; восстановление и переработка; увеличение жизненного цикла продукта; обмен и совместное потребление, а также продукт как услуга (сервисизация). Эти бизнес-модели

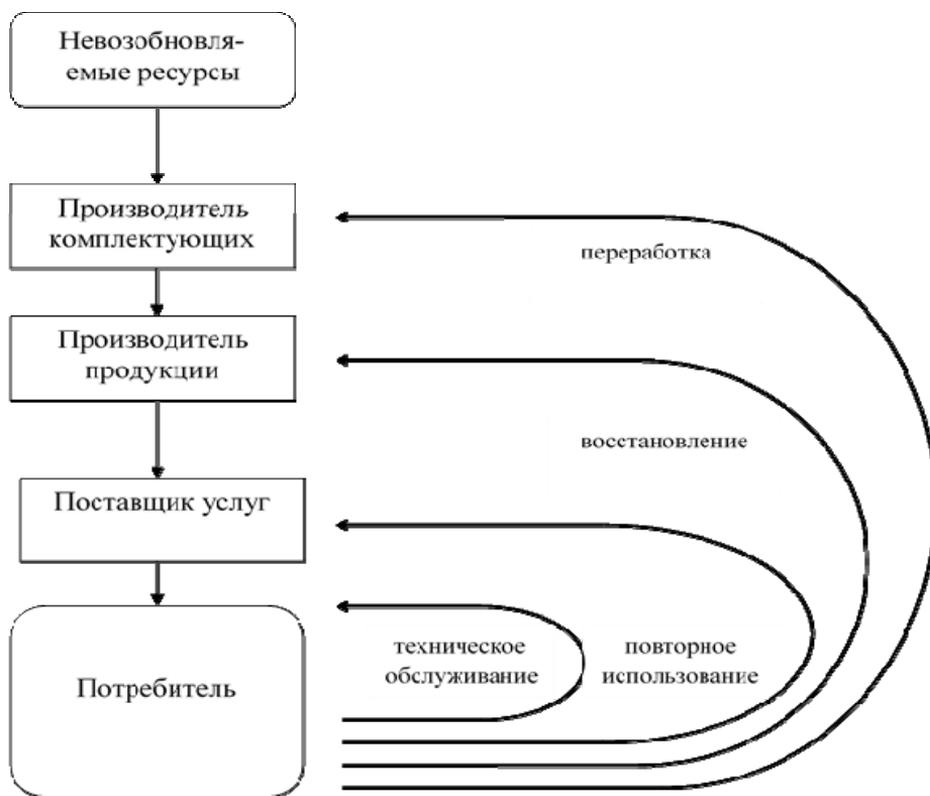


Рис. 2. Процессы циркулярной экономики в промышленности

могут использоваться как по отдельности, так и в комбинации [12].

Публикации, касающиеся циркулярной экономики, только начинают появляться в российском научном сообществе и касаются в основном обоснования актуальности перехода к циркулярной экономике для России и изучения возможностей, которые могут возникнуть в промышленности и сфере обращения с отходами [13–16].

Построение бизнес-моделей на основе критериев циркулярной экономики требует совершенствования методического подхода к отбору инвестиционных проектов для включения в инвестиционную программу предприятия. Традиционный подход к оценке инвестиционных проектов включает показатели коммерческой эффективности (NPV, IRR, PP и проч.) без учета степени воздействия проекта на окружающую среду и потребления невозобновляемых ресурсов. О необходимости комплексной социоэколого-экономической оценки инвестиционных проектов, учитывающих как экономические, так социальные и экологические последствия от их реализации, заявлено во многих международных и отечественных руководствах, а также в публикациях различных авторов [17–22]. Как правило, предлагается в стоимостном выражении учитывать наносимый (предотвращенный) экономический ущерб окружающей среде, вред здоровью населения, затраты на восстановление природных ресурсов и проч., что представляет достаточно большие методические сложности в условиях отсутствия официальных методик и необходимости проведения трудоемких расчетов. В этой связи авторы предлагают методический подход, позволяющий выполнять рейтинговую оценку инвестиционных проектов с применением критериев циркулярной экономики, включающий в себя как традиционные показатели, так и альтернативные, построенные на основе значений в натуральном выражении.

Далее авторами выполнена оценка инвестиционных проектов, направленных на снижение числа накопленных отходов предприятий горнодобывающей отрасли.

Материалы и методы

Образование отходов для горнодобывающих предприятий является достаточно серьезной проблемой, так как возможности по их повторному использованию весьма ограничены. Тем не менее существуют наилучшие доступные технологии в данной сфере⁷, применение которых позволяет снизить негативное воздействие горнодобывающих предприятий на окружающую среду.

Сопоставление основных способов обращения с отходами горнодобывающих предприятий с точки зрения их воздействия на окружающую среду приведены в табл. 1.

Самые первые технологии сгущения хвостов как одного из рентабельных способов организации хвостохранилищ горнообогатительных предприятий рассматривались еще 60–70 гг. прошлого века, компанией «Кидд Крик» (Канада), которая занималась разработкой месторождений серебра. Технология обезвоживания хвостов с помощью стустителей и доведение их до консистенции пасты (пастовое сгущение) имеет довольно низкую себестоимость и применимо с экономической точки зрения даже при переработке руд низкой ценности.

В настоящее время одним из зарубежных флагманов разработки и внедрения технологий пастового сгущения является компания Outotec. Это одна из немногих мировых компаний, разрабатывающая и предлагающая комплексные технологии пастового сгущения для горноперерабатывающей промышленности.

⁷ ГОСТ Р 55100-2012 Ресурсосбережение. Наилучшие доступные технологии обращения с отходами в горнодобывающей промышленности. Аспекты эффективного применения.

На сегодняшний день все большее число предприятий горно-обогатительного производства склоняются к применению технологий рекультивации отработанных карьеров отходами производства, и это обеспечивает существенное сокращение выплат за размещение отходов и экономию капитальных затрат на рекультивации карьеров [23–25].

Анализ используемых технологий показал, что только пастовая укладка с последующей рекультивацией карьеров соответствует рассмотренным выше процессам циркулярной экономики (ЦЭ), применяемым в промышленности, и может быть отнесена к пониженной переработке (downcycling). Но существующий традиционный подход к формированию инвестиционного портфеля предприятия не учитывают данный факт – реализован будет

тот проект по обращению с отходами, чьи показатели экономической эффективности будут максимальными. При этом справедливым будет отметить, что отчасти внешние эффекты, связанные с воздействием на окружающую среду применяемых технологий, будут интернализированы через затраты на рекультивацию земель и платежи за размещение отходов, но дискуссия об их соответствии реальному ущербу, наносимому окружающей среде, ведется не один год [26–29].

Авторы считают, что при формировании инвестиционного портфеля предприятия с учетом критериев циркулярной экономики необходимо учитывать такие последствия для окружающей среды, как потребление чистой воды, вывод земель из оборота (как под карьеры, так и под хвостохранилища), а также загрязнение окружающей среды от-

Таблица 1

Сравнительный анализ основных способов складирования отходов горнодобывающих предприятий⁸

Наименование технологии	Воздействие на окружающую среду
Традиционное хвостохранилище	<ul style="list-style-type: none"> - потребление свежей воды 0,6–0,9 м³ на тонну руды; - потребление технической воды 1 400 м³/ч; - значительный вывод земель из оборота; - попадание тяжелых металлов в грунтовые воды; - накопление отходов производства
Сгущенные хвосты (НДТ)	<ul style="list-style-type: none"> - потребление свежей воды 0,5–0,8 м³ на тонну руды; - потребление технической воды 1 200 м³/ч; - вывод земель из оборота; - попадание тяжелых металлов в грунтовые воды; - накопление отходов производства
Пастовая укладка (НДТ)	<ul style="list-style-type: none"> - потребление свежей воды 0,45–0,6 м³ на тонну руды; - потребление технической воды 1 100 м³/ч
Сухое складирование	<ul style="list-style-type: none"> - потребление свежей воды 0,15 м³ на тонну руды; - потребление технической воды 310 м³/ч; - попадание тяжелых металлов в грунтовые воды; - пыление хвостов

⁸ Нечаева Е. Вопросы сгущения хвостов // Портал международ. выставки машин и оборудования для добычи, обогащения и транспортировки полезных ископаемых MiningWorld [Электронный ресурс]. URL: <http://www.miningworld.ru/ru-RU/images/files/16-Nechaeva.aspx> (дата обращения: 18.07.2018).

Формирование инвестиционного портфеля предприятия в соответствии с критериями циркулярной экономики

ходами. В этой связи предлагается методический подход, позволяющий формировать инвестиционную программу предприятия с использованием неформальных критериев отбора и оценки эколого-экономической эффективности инвестиций.

Процедура оценки технологии с учетом критериев циркулярной экономики для предприятий горнодобывающей отрасли может строиться следующим образом. В качестве критериальных показателей отбора инвестиционных проектов предлагаются показатели, представленные в табл. 2 (курсивом выделены альтернативные показатели, предлагаемые авторами).

Поскольку представленные показатели не однородны по своей значимости, необходимо определить весомость каждого из них. Для этого предлагается использовать метод экспертных оценок. Значимость каждого из показателей устанавливается в баллах.

Дальнейший порядок следования определяет условие, в соответствии с которым показатели должны быть нормированы. Процедура нормирования заключается в следующем: каждый параметр матрицы (табл. 2) делится на лучший показатель.

Далее определяется рейтинговая оценка каждого показателя по анализируемым проектам в виде взвешенной величины его нор-

Таблица 2

Рейтинговая оценка проектов

Показатели	Нормированное значение показателей по проектам			Балл (α)	Рейтинговая оценка по проектам		
	проект 1	....	проект n		проект 1	....	проект n
1. Суммарный чистый дисконтированный доход (NPV, тыс. д.е.)	<i>K_{NPV1}</i>	....	<i>K_{NPVn}</i>		<i>P_{NPV1}</i>	....	<i>P_{NPVn}</i>
2. Внутренняя норма доходности (IRR, %)	<i>K_{IRR1}</i>	....	<i>K_{IRRn}</i>		<i>P_{IRR1}</i>	....	<i>P_{IRRn}</i>
3. Дисконтированный срок окупаемости (DPP, лет)	<i>K_{DPP1}</i>	....	<i>K_{DPPn}</i>		<i>P_{DPP1}</i>	....	<i>P_{DPPn}</i>
4. Удельная расход свежей воды на тонну руды на весь период реализации проекта (PWE, м ³ /т руды)	<i>K_{PWE1}</i>	....	<i>K_{PWEn}</i>		<i>P_{PWE1}</i>	....	<i>P_{PWEn}</i>
5. Удельная величина образующихся отходов на весь период реализации проекта (WE, тонн отходов/тонну руды)	<i>K_{WE1}</i>	....	<i>K_{WEn}</i>		<i>P_{WE1}</i>	....	<i>P_{WEn}</i>
6. Удельная величина выводимых из оборота земель на весь период реализации проекта (LE, га/млн т руды)	<i>K_{LE1}</i>	....	<i>K_{LEn}</i>		<i>P_{LE1}</i>	....	<i>P_{LEn}</i>

мированного значения на соответствующий балл α по формуле, следование которой позволяет нивелировать разнонаправленное действие показателей:

$$P_j = \sqrt{\alpha_i (1 - k_{ij})^2}, \quad (1)$$

где α_i – весовые коэффициенты показателей, определяемые экспертным путем,

k_{ij} – нормированное значение показателя.

Наивысшую оценку получает технология, набравшая в сумме минимальное число баллов по рейтингу каждого показателя.

Предлагаемая процедура ранжирования инвестиционных проектов делает процесс принятия решения об инвестировании более объективным, так как учитывает, наряду с показателями коммерческой эффективности, альтернативные показатели, предложенные с учетом критериев циркулярной экономики.

Рассмотрим предлагаемый методический подход на примере двух инвестиционных проектов по обращению с отходами обогатительной фабрики, расположенной в Свердловской области, занимающейся обогащением медных руд.

Анализ результатов

Вовлечение в добычу и переработку все более бедных руд привело к увеличению темпов накопления отходов обогащения, что резко обострило проблему их складирования, поскольку требуется выделения дополнительных площадей, что увеличивает техногенную нагрузку на селитебную территорию. На сегодняшний день средний объем руды, поступающей на обогащение, составляет 9 млн т в год. Величина образующихся отходов составляет порядка 8 млн т в год.

В соответствии с российскими стандартами⁹, хвосты и шламы обогатительных фабрик относятся IV классу опасности, то есть к малотоксичным отходам. Исходя из химического состава хвостов обогащения

фабрики, к наиболее токсичным веществам можно отнести: кобальт, цинк, медь, кадмий.

Другим вопросом, стоящим перед руководством фабрики, является необходимость рекультивации земель. Одной из новейших идей в области рекультивации карьеров является размещение отходов производства в отработанных карьерных выемках. Площадь карьеров предприятия, которым необходима рекультивация, составляет 190 га.

На сегодняшний день отходы складировались в существующее хвостохранилище. После его заполнения отвальными хвостами в течение ближайших двух лет вновь возникнет вопрос о месте складирования отходов производства.

Предприятие рассматривает два варианта решения обозначенных проблем.

Вариант № 1: «Приращение площади существующего хвостохранилища за счет использования территории, занятой прудом осветленных стоков, и намыв хвостов до отметки 390 м.»

Проект предполагает приращение площади существующего хвостохранилища на 50 га за счет использования территории, занятой в настоящее время прудом осветленных стоков, и, намыв хвостов до отметки 390 м, при этом высота ограждающей дамбы составит 67 м.

Для реализации данного проекта необходимо выполнить:

- работы по возведению пионерной дамбы, водосбросного коллектора длиной 1,2 км с водоприемным колодцем;
- строительство пульпонасосной станции производительностью 4 000 м³/ч;

⁹ СП 2.1.7.1386-03 «Определение класса опасности токсичных отходов производства и потребления в части раздела «Методические рекомендации по определению класса токсичности промышленных отходов».

Формирование инвестиционного портфеля предприятия в соответствии с критериями циркулярной экономики

- строительство магистрального пульпопровода Ø600 мм в две линии;
- строительство насосной станции оборотной воды и магистрального водовода в две линии длиной 6 км;
- строительство дренажной насосной станции производительностью 500 м³/ч;
- строительство автомобильной (инспекторской) дороги по периметру ограждающих сооружений чаши хвостохранилища;
- прокладку пульповодов, длиной 10 км;
- систему освещения водохранилища и сети связи.

Период эксплуатации расширенного хвостохранилища после его строительства с учетом увеличения производительности обогатительной фабрики до 9 млн т руды в год, составит 25 лет, а его емкость – 180–200 млн т (64–77 млн м³).

При этом реализация проекта сопряжена с риском разрушения наращиваемой дамбы и розлива размещенных хвостов по рельефу с загрязнением прилегающих земель и р. Урал.

Вариант № 2: «Строительство комплекса производства сгущенных отвальных хвостов обогатительной фабрики на пастовых сгустителях для рекультивации карьеров № 1–3».

Проектируемое производство предусматривает строительство участка сгущения, участка приготовления и подачи флокулянта, бака верхнего слива, насосной станции верхнего слива, перекачной насосной станции и узлов переключения. Площадь комплекса составит 10 га.

Товарной продукцией комплекса будет являться пастообразная пульпа, пригодная для складирования в карьеры № 1–3. После заполнения карьеров, начиная с 20-го года эксплуатации комплекса, предполагается

поверхностное полусухое складирование пасты на площади 13 га. Величина накопленных таким образом за пять лет отходов составит 40 млн т.

Период эксплуатации комплекса составит 25 лет.

Показатели экономической эффективности рассматриваемых вариантов были рассчитаны на основании стандартного методического подхода. Учитывались только затраты, так как данный тип проектов не формирует дополнительной выручки.

Горизонт расчета по обоим вариантам составляет 27 лет, охватывая период подготовки, строительства и эксплуатации объекта в течение 25 лет:

- 2018–2020 гг. – период инициирования проекта, разработки проектно-сметной документации, выполнения строительно-монтажных работ и ввод объекта в эксплуатацию;
- 2021–2045 гг. – период эксплуатации объекта;
- ставка дисконтирования принята равной 6 %.

Ниже в табл. 3 приведена сумма капитальных затрат на строительство по двум вариантам.

В табл. 4, 5 приведены чистые дисконтированные затраты по обоим вариантам.

Исходные показатели, необходимые для ранжирования проектов в соответствии с критериями циркулярной экономики, приведены в табл. 6.

Далее значение каждого показателя было поделено на лучшее значение и построена таблица нормированных значений (табл. 7). Для расчетного примера все показатели считаются равнозначными.

Рейтинговая оценка проектов в соответствии с формулой (1) представлена в табл. 8. Рекомендуются к реализации проект, набравший в сумме наименьший балл.

Белик И.С., Стародубец Н.В., Илев С.Г., Зверев С.О.

Таблица 3

Капитальные затраты на строительство по вариантам № 1 и № 2

Наименование работ	Вариант № 1. Приращение площади хво- стохранилища, (млн руб.)	Вариант № 2. Рекультивация ка- рьеров № 1–3 сгушен- ными хвостами, (млн руб.)
Покупка земельного участка	-	42
Проектно-изыскательские работы, в том числе за- траты на прохождение госэкспертизы	37,71 1,8	140,6 4,4
Строительные работы	324,6	2 022,7
Монтажные работы	187,63	1 021,2
Оборудование	161,95	1 239,9
Прочее	24,48	213,4
Рекультивация	758,15	
Итого капитальных затрат:	1 496,32	4 684,2

Таблица 4

Чистые дисконтированные затраты по варианту № 1 (млн руб.)

Наименование показателя	Итого	Год							
		2018	2019	2020	2021	2027	2038	2044	2045
		0	1	2	3	9	20	26	27
Инвестицион- ная деятель- ность (сальдо)	-1 261,1	-90,3	-375,6	-159,0	19,5	0,0	0,0	-345,0	-310,8
Операционная деятельность (сальдо)	-16 683,0	0,0	0,0	0,0	-667,3	-667,3	-667,3	-667,3	-667,3
Чистые затраты	-17 944,1	-90,3	-375,6	-159,0	-647,8	-667,3	-667,3	-1 012,3	-978,1
Чистые затраты на накопленным итогом		-90,3	-465,8	-624,9	-1 272,7	-5 276,6	-12617,1	-16966,0	-17944,1
Коэффициент дисконтирова- ния		1,000	0,943	0,890	0,840	0,592	0,312	0,220	0,207
Дисконтирован- ное инвестици- онное сальдо	-710,0	-90,3	-354,3	-141,5	16,4	0,0	0,0	-75,8	-64,4
Дисконтирован- ное операцион- ное сальдо	-7 592,2	0,0	0,0	0,0	-560,3	-395,0	-208,1	-146,7	-138,4
ЧДЗ	-8 302,2	-90,3	-354,3	-141,5	-543,9	-395,0	-208,1	-222,5	-202,8
ЧДЗ накоплен- ным итогом		-90,3	-444,6	-586,1	-1 130,0	-3 885,2	-7 000,4	-8 099,4	-8 302,2

Формирование инвестиционного портфеля предприятия в соответствии с критериями циркулярной экономики

Таблица 5

Чистые дисконтированные затраты по варианту № 2 (млн руб.)

Наименование показателя	Итого	Год							
		2018	2019	2020	2021	2027	2038	2044	2045
		0	1	2	3	9	20	26	27
Инвестиционная деятельность (сальдо)	-3 841,0	-1 495,6	-1 306,8	-947,1	95,3	0,0	0,0	0,0	0,0
Операционная деятельность (сальдо)	-6 680,0	0,0	0,0	0,0	-267,2	-267,2	-267,2	-267,2	-267,2
Чистые затраты	-10 521,0	-1 495,6	-1 306,8	-947,1	-171,9	-267,2	-267,2	-267,2	-267,2
Чистые затраты накопленным итогом		-1 495,6	-2 802,4	-3 749,5	-3 921,5	-5 676,1	-8 650,6	-10 253,8	-10 521,0
Коэффициент дисконтирования		1,000	0,943	0,890	0,840	0,592	0,312	0,220	0,207
Дисконтированное инвестиционное сальдо	-3 621,0	-1 495,6	-1 232,8	-842,9	80,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Дисконтированное операционное сальдо	-3 040,0	0,0	0,0	0,0	-224,3	-158,2	-83,3	-58,7	-55,4
ЧДЗ	-6 660,9	-1 495,6	-1 232,8	-842,9	-144,4	-158,2	-83,3	-58,7	-55,4
ЧДЗ накопленным итогом		-1 495,6	-2 728,4	-3 571,4	-3 715,7	-4 930,8	-6 195,8	-6 605,5	-6 660,9

Таблица 6

Исходные показатели по проектам

№	Наименование показателя	Вариант № 1	Вариант № 2
1	Суммарные дисконтированные затраты (ЧДЗ, млн руб.)	-8302,20	-6660,90*
2	Внутренняя норма доходности (IRR, %)	н/п	н/п
3	Дисконтированный срок окупаемости (DPP, лет)	н/п	н/п
4	Удельная расход свежей воды на тонну руды на весь период реализации проекта (PWE, м ³ /т руды)	0,90	0,60
5	Удельная величина образующихся отходов на весь период реализации проекта (WE, тонн отходов/тонну руды)	0,84	0,18
6	Удельная величина выводимых из оборота земель на весь период реализации проекта (LE, га/млн т руды)	1,07	0,1

* Цветом выделены лучшие значения показателей

Белик И.С., Стародубец Н.В., Ивлев С.Г., Зверев С.О.

Выводы

Как следует из представленных расчетов, вариант строительства комплекса сгущения хвостов обогащения с использованием пастового сгущения (вариант № 2) экономически менее затратен, а также имеет сопутствующие эффекты, соответ-

ствующие критериям циркулярной экономики, включенные с помощью предлагаемой авторами методики в рейтинговую оценку инвестиционных проектов: снижение потребления чистой воды; снижение площади земель, выведенных из оборота (как площади карьеров, так и хвостохрани-

Таблица 7

Нормированные показатели по проектам

№	Показатель	Нормированное значение		Балл (α)
		Вариант 1	Вариант 2	
1	Суммарные дисконтированные затраты (ЧДЗ, млн руб.)	1,25	1	1
2	Удельная расход свежей воды на тонну руды на весь период реализации проекта (PWE, м ³ /тонну руды)	1,5	1	1
3	Удельная величина образующихся отходов на весь период реализации проекта (WE, тонн отходов/тонну руды)	4,7	1	1
4	Удельная величина выводимых из оборота земель на весь период реализации проекта (LE, га/млн т руды)	10,7	1	1

Таблица 8

Рейтинговая оценка проектов

№	Показатель	Рейтинговая оценка	
		Вариант № 1	Вариант № 2
1	Суммарные дисконтированные затраты (ЧДЗ, млн руб.)	0,25	0
2	Удельная расход свежей воды на тонну руды на весь период реализации проекта (PWE, м ³ /т руды)	0,5	0
3	Удельная величина образующихся отходов на весь период реализации проекта (WE, тонн отходов/тонну руды)	3,7	0
4	Удельная величина выводимых из оборота земель на весь период реализации проекта (LE, га/млн т руды)	9,7	0
	ИТОГО	14,15	0

лиц); значительное снижение образуемых отходов.

Предлагаемый авторами методический подход может использоваться как на уровне предприятия при формировании инвестиционного портфеля, так и на уровне регионов, при обосновании проектов для

включения в государственные программы, и сделать ранжирование инвестиционных проектов более объективным, опирающимся не только на критерии экономической эффективности проектов, но и на последствия от их реализации для окружающей среды.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Медоуз Д.Х., Медоуз Д.Л., Рэндерс Й., Беренс III.В. Пределы роста. М.: МГУ, 1991. 205 с.
2. Stahel W.R. The product life factor // An Inquiry into the Nature of Sustainable Societies: The Role of the Private Sector. Series: 1982 Mitchell Prize Papers. Houston Area Research Center, 1982. P. 72–96.
3. Stahel W.R. The performance economy: business models for the functional service economy // Handbook of Performability Engineering. London: Springer, 2008. P. 127–138.
4. Stahel W. The Performance Economy. Springer, 2010. 348 p.
5. Snow W., Dickinson J. The End of Waste: Zero Waste by 2020: A Vision for New Zealand. Zero Waste New Zealand Trust, 2001. 16 p.
6. Davidson G. Waste Management Practices: Literature Review. Dalhousie University, Office of Sustainability, 2011. 59 p.
7. Spiegelman H. Transitioning to Zero Waste. What Can Local Governments Do Now. Product Policy Institute, 2006. 14 p.
8. Braungart M., McDonough W. Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things. New York: North Point Press, 2002. 198 p.
9. Graedel T.E., Allenby B.R. Industrial Ecology and Sustainable Engineering. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall, 2010. 403 p.
10. Chertow M.R. “Uncovering” industrial symbiosis // Journal of Industrial Ecology. 2007. Vol. 11, No. 1. P. 11–30.
11. Towards the Circular Economy: Economic and Business Rationale for an Accelerated Transition. Ellen MacArthur Foundation, 2013. Vol. 1. 97 p. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/downloads/publications/Ellen-MacArthur-Foundation-Towards-the-Circular-Economy-vol.1.pdf>.
12. Circular Advantage: Innovative Business Models and Technologies to Create Value in a World without Limits to Growth. Chicago: Accenture, 2014. 24 p. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.accenture.com/t20150523T053139_w_/ca-en/_acnmedia/Accenture/Conversion-Assets/DotCom/Documents/Global/PDF/Strategy_6/Accenture-Circular-Advantage-Innovative-Business-Models-Technologies-Value-Growth.pdf.
13. Пахомова Н.В., Курт Р.К., Ветрова М.А. Переход к циркулярной экономике и замкнутым цепям поставок как фактор устойчивого развития // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 5. Экономика. 2017. № 2. С. 244–268.
14. Пахомова Н.В., Рихтер К.К., Ветрова М.А. Формирование современной системы обращения с отходами — от безопасного захоронения к ремануфактурингу // Проблемы современной экономики. 2016. № 4 (60). С. 181–188.
15. Рихтер К.К., Ветрова М.А. Принятие операционных решений при переходе к принципам циркулярной экономики в отраслях промышленности РФ //

- Эколого-экономические проблемы развития регионов и страны (устойчивое развитие, управление, природопользование) : материалы 14-й Международной научно-практической конференции Российского общества экологической экономики. Карельский научный центр РАН, 2017. С. 229–234.
16. Александрова В.Д., Есипова О.В. Актуальность перехода к модели циркулярной экономики в России // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2017. № 11. С. 106–110.
 17. Economic Analysis of Investment Operations: Analytical Tools and Practical Applications / Edited by J.P. Tan, J.R. Anderson, P. Belli, H.N. Barnum, J.A. Dixon. World Bank Publications, 2001. 296 p.
 18. The Equator Principles: A Financial Industry Benchmark for Determining, Assessing and Managing Social & Environmental Risk in Project Financing. Washington DC: Equator Principles Financial Institutions, 2006. 24 p.
 19. Baue B. Investing for sustainability // State of the World 2008. New York: Norton&Company, 2008. P. 180–195.
 20. Медведева О. Е. Методические рекомендации по осуществлению эколого-экономической оценки эффективности проектов намечаемой хозяйственной деятельности // Методические рекомендации по оценке стоимости земли. М.: Торгово-промышленная палата РФ, 2004. 96 с.
 21. Делия В. П., Лукьянчиков Н. Н. Учет экологического фактора при принятии решений на предпроектной и проектной стадиях // Экономика природопользования. 2011. № 3. С. 3–13.
 22. Сафронов А.Е. Подходы к оценке эффективности природоохранных инвестиций в экологизацию производственной сферы // Вестник Донского государственного технического университета. 2011. Т. 11, № 1. С. 101–106.
 23. Баранов В.Ф. Системы сгущения и складирования отвальных хвостов (обзор мировой практики) // Обогащение руд. 2009. № 3. С. 43–48.
 24. Martin T.E., Davies M.P., Rice S., Higgs T., Lighthall P.C. Stewardship of Tailings Facilities. International Institute for Environment and Development, 2002. No. 20. 37 p. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.pebblescience.org/pdfs/tailings_stewardship-1.pdf.
 25. Edraki M., Baumgartl T., Manlapig E., Bradshaw D., Franks D.M., Moran C.J. Designing mine tailings for better environmental, social and economic outcomes: a review of alternative approaches // Journal of Cleaner Production. 2014. Vol. 84. P. 411–420.
 26. Глазырина И.П. Принцип «загрязнитель платит» и экологически неравноценный обмен // Вестник Забайкальского государственного университета. 2016. Т. 22, № 3. С. 93–110.
 27. Бобылев С.Н., Захаров В.М. Эко-системные услуги и экономика М.: ЛЕВКО, 2009. 72 с.
 28. Рюмина Е.В. Экологическая версия предназначения природной ренты // Экономическая наука современной России. 2001. № 2. С. 11–22.
 29. Яндыганов Я.Я., Власова Е.Я. Природно-ресурсная рента – экономическая база рационального природопользования. Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. экон. ун-та, 2011. 333 с.

Belik I.S.

*Ural Federal University
named after the first President of Russia B.N. Yeltsin,
Ekaterinburg, Russia*

Starodubets N.V.

*Ural Federal University
named after the first President of Russia B.N. Yeltsin,
Ekaterinburg, Russia*

Ivlev S.G.

*UMMC Technical University,
Verkhnyaya Pyshma, Russia*

Zverev S.O.

*Ural Federal University
named after the first President of Russia B.N. Yeltsin,
Ekaterinburg, Russia*

FORMATION OF THE INVESTMENT PORTFOLIO IN ACCORDANCE WITH THE CRITERIA OF CIRCULAR ECONOMY

Abstract. The paper is devoted to the question of investment portfolio formation in accordance with the criteria of a circular economy. The aim of the paper is to analyze the potential of the circular economy in developing practical recommendations for justifying the effectiveness of investment projects carried out using modern technologies. To achieve this goal, the authors reviewed the main concepts that formed the theoretical basis of the circular economy (Zero Waste, Cradle-to-Cradle, Performance economy, Industrial ecology). The definition of a circular economy, its principles, the main industrial processes based on the criteria of a circular economy (maintenance, product reuse, product refurbishment and/or component recovery, recycling of waste and end products) are discussed. An original methodical approach is proposed, allowing one to form an investment program of an industrial enterprise using both traditional indicators of economic efficiency (total net present value, internal rate of return, discounted payback period) and additional indicators based on the criteria of a circular economy. Using this approach, a rating assessment was made of two alternative investment projects for the management of waste from a mining and processing enterprise, and recommendations were proposed for their inclusion in the investment portfolio of the enterprise. The assessment showed that the ranking of investment projects, taking into account alternative indicators based on the criteria of the circular economy, is more objective since it relies not only on the criteria of the economic efficiency of the projects, but also on the implications of their implementation for the environment. The results can be used by engineers, economists, heads of enterprises and local decision-makers in the formation of the investment portfolio of an enterprise/region in accordance with the criteria of a circular economy.

Key words: investment project; circular economy; resource saving; waste management; mining enterprises; best available technologies; cash flows; net discounted costs; rating evaluation of investment projects.

References

1. Meadows, D.H., Meadows, D.L., Randers, J., Behrens, W. (1972). *The Limits to Growth*. New York, Universe Books.
2. Stahel, W.R. (1982). The product life facto. *An Inquiry into the Nature of Sustainable Societies: The Role of the Private Sector. Series: 1982 Mitchell Prize Papers*. Houston Area Research Center, 72–96.
3. Stahel, W.R. (2008). The performance economy: business models for the functional service economy. *Handbook of Performability Engineering*. London, Springer, 127–138.
4. Stahel, W. (2010). *The Performance Economy*. Springer, 348 p.
5. Snow, W., Dickinson, J. (2001). *The End of Waste: Zero Waste by 2020: A Vision for New Zealand*. Zero Waste New Zealand Trust, 16 p.
6. Davidson, G. (2011). *Waste Management Practices: Literature Review*. Dalhousie University, Office of Sustainability, 59 p.
7. Spiegelman, H. (2006). *Transitioning to Zero Waste. What Can Local Governments Do Now*. Product Policy Institute, 14 p.
8. Braungart, M., McDonough, W. (2002). *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*. New York: North Point Press, 198 p.
9. Graedel, T.E., Allenby, B.R. (2010). *Industrial Ecology and Sustainable Engineering*. Upper Saddle River, New Jersey, Prentice Hall, 403 p.
10. Chertow, M.R. (2007). “Uncovering” industrial symbiosis. *Journal of Industrial Ecology*, Vol. 11, No. 1, 11–30.
11. Towards the Circular Economy: Economic and Business Rationale for an Accelerated Transition (2013). Ellen MacArthur Foundation, Vol. 1, 97 p. Available at: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/downloads/publications/Ellen-MacArthur-Foundation-Towards-the-Circular-Economy-vol.1.pdf>.
12. Circular Advantage: Innovative Business Models and Technologies to Create Value in a World without Limits to Growth (2014). Chicago, Accenture, 24 p. Available at: https://www.accenture.com/t20150523T053139__w_/ca-en/_acnmedia/Accenture/Conversion-Assets/DotCom/Documents/Global/PDF/Strategy_6/Accenture-Circular-Advantage-Innovative-Business-Models-Technologies-Value-Growth.pdf.
13. Pakhomova, N.V., Kurt, R.K., Vetrova, M.A. (2017). Perekhod k tsirkuliarnoi ekonomike i zamknytykh tsepiam postavok kak faktor ustoychivogo razvitiia (Transition to circular economy and closedloop supply chains as driver of sustainable development). *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Seriya 5. Ekonomika (St Petersburg University Journal of Economic Studies)*, No. 2, 244–268.
14. Pakhomova, N.V., Rikhter, K.K., Vetrova, M.A. (2016). Formirovanie sovremennoi sistemy obrashcheniia s otkhodami — ot bezopasnogo zakhroneniia k remanufakturingu (Formation of the Contemporary System of Waste Management: From Safe Burial to Remanufacturing). *Problemy sovremennoi ekonomiki (Problems of Modern Economics)*, No. 4 (60), 181–188.
15. Rikhter, K.K., Vetrova, M.A. (2017). Priniatie operatsionnykh reshenii pri perekhode k printsipam tsirkuliarnoi ekonomiki v otrasliakh promyshlennosti RF [Operational decisions on transition to the principles of the

- circular economy in the sectors of the Russian economy*]. *Proceedings of the 14th international scientific conference "Ecological and Economic Problems of the Development of Regions and Countries (Sustainable Development, Management, Nature Management)". Russian Society of Environmental Economics. Karelia Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, 229–234.*
16. Aleksandrova, V.D., Esipova, O.V. (2017). Aktual'nost' perekhoda k modeli tsirkuliarnoi ekonomiki v Rossii (The Actuality of Transition to the Model of Circular Economy in Russia). *Mezhdunarodnyi zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk [International Journal of Humanities and Nature Sciences]*, No. 11, 106–110.
 17. *Economic Analysis of Investment Operations: Analytical Tools and Practical Applications* (2001). Edited by J.P. Tan, J.R. Anderson, P. Belli, H.N. Barnum, J.A. Dixon. World Bank Publications, 296 p.
 18. The Equator Principles: A Financial Industry Benchmark for Determining, Assessing and Managing Social & Environmental Risk in Project Financing (2006). Washington DC, Equator Principles Financial Institutions, 24 p.
 19. Baue, B. (2008). Investing for sustainability. *State of the World 2008*. New York, Norton&Company, 180–195.
 20. Medvedeva, O.E. (2004). Metodicheskie rekomendatsii po osushchestvleniiu ekologo-ekonomicheskoi otsenki effektivnosti proektov namechaemoi khoziaistvennoi deiatel'nosti [Methodological Guidelines for Ecological and Economic Evaluation]. *Metodicheskie rekomendatsii po otsenke stoimosti zemli [Methodological Guidelines for Land Valuation]*. Moscow, Chamber of Commerce and Industry of the Russian Federation.
 21. Delia, V.P., Luk'ianchikov, N.N. (2011). Uchet ekologicheskogo faktora pri priniatii reshenii na predproektnoi i proektnoi stadiiakh [Geopolitical, Economic and Environmental Problems of Siberia and the Far East Development]. *Ekonomika prirodopol'zovaniia [Economics of Nature Management]*, No. 3, 3–13.
 22. Safronov, A.E. (2011). Podkhody k otsenke effektivnosti prirodookhrannykh investitsii v ekologizatsiiu proizvodstvennoi sfery (Approaches to Assessment of Efficiency of Environmental Investments in Production Sphere Greening). *Vestnik Donskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (Vestnik of Don State Technical University)*, Vol. 11, No. 1, 101–106.
 23. Baranov, V.F. (2009). Sistemy sgushcheniia i skladirovaniia otval'nykh khvostov (obzor mirovoi praktiki) (Final tailings thickening and disposal systems (world practice review)). *Obogashchenie rud (Mineral Processing Journal)*, No. 3, 43–48.
 24. Martin, T.E., Davies, M.P., Rice, S., Higgs, T., Lighthall, P.C. (2002). *Stewardship of Tailings Facilities*. International Institute for Environment and Development, No. 20, 37 p. Available at: http://www.pebblescience.org/pdfs/tailings_stewardship-1.pdf.
 25. Edraki, M., Baumgartl, T., Manlapig, E., Bradshaw, D., Franks, D.M., Moran, C.J. (2014). Designing mine tailings for better environmental, social and economic

- outcomes: a review of alternative approaches. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 84, 411–420.
26. Glazyrina, I.P. (2016). Printsip «zagriaznitel' platit» i ekologicheski neravnosennyi obmen (The Principle of 'Polluter Pays' and Ecologically Unequal Exchange). *Vestnik Zabaikal'skogo gosudarstvennogo universiteta (Transbaikal State University Journal)*, Vol. 22, No. 3, 93–110.
27. Bobylev, S.N., Zakharov, V.M. (2009). *Ekosistemnye uslugi i ekonomika [Ecosystem Services and Economy]*. Moscow, LEVKO.
28. Riumina, E.V. (2001). Ekologicheskaya versiya prednaznacheniya prirodnoi renty (Ecological Version for Economic Rent Use). *Ekonomicheskaya nauka sovremennoi Rossii (Economics of Contemporary Russia)*, No. 2, 11–22.
29. Iandyganov, I.I., Vlasova, E.I. (2011). *Prirodno-resursnaya renta – ekonomicheskaya baza ratsional'nogo prirodopol'zovaniia [Natural Resources Rent – environmental basis for rational nature management]*. Ekaterinburg, Urals State University of Economics.

Information about the authors

Belik Irina Stepanovna – Doctor of Economics, Professor, Department of Economic Security of Industrial Complexes, Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia (620002, Ekaterinburg, Mira street, 19); e-mail: irinabelik2010@mail.ru.

Starodubets Natalia Vladimirovna – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Department of Economic Security of Industrial Complexes, Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia (620002, Ekaterinburg, Mira street, 19); e-mail: n.v.starodubets@gmail.com.

Ivlev Sergey Gennadievich – Master Student, UMMC Technical University, Verkhnyaya Pyshma, Russia (624091, Sverdlovsk Region, Verkhnyaya Pyshma, Uspensky Avenue, 3); e-mail: irinabelik2010@mail.ru.

Zverev Stanislav Olegovich – Master Student, Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia (620002, Ekaterinburg, Mira street, 19); e-mail: st-zverev@yandex.ru.

Для цитирования: Белик И.С., Стародубец Н.В., Ивлев С.Г., Зверев С.О. Формирование инвестиционного портфеля предприятия в соответствии с критериями циркулярной экономики // Вестник УрФУ. Серия экономика и управление. 2018. Т. 17, № 6. С. 986–1004. DOI: 10.15826/vestnik.2018.17.6.044.

For Citation: Belik I.S., Starodubets N.V., Ivlev S.G., Zverev S.O. Formation of the Investment Portfolio in Accordance with the Criteria of Circular Economy. *Bulletin of Ural Federal University. Series Economics and Management*, 2018, Vol. 17, No. 6, 986–1004. DOI: 10.15826/vestnik.2018.17.6.044.

Информация о статье: дата поступления 24 сентября 2018 г.; дата принятия к печати 22 октября 2018 г.

Article Info: Received September 24, 2018; Accepted October 22, 2018.