Управление экологичностью предприятий минерально-сырьевого комплекса при реализации концепции циркулярной экономики

Мочалова Л. А.^{1*}, Соколова О. Г.¹

¹ Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург, Россия

*e-mail: lyudmila.mochalova@m.ursmu.ru

Реферат

Введение. Предприятия минерально-сырьевого комплекса играют значительную роль в экономике России, развитие и богатство которой зависят от объемов и разнообразия полезных ископаемых в недрах. Вместе с тем деятельность предприятий минерально-сырьевого комплекса оказывает существенное негативное влияние на окружающую среду, затрагивая все ее элементы. Это приводит к необходимости управления экологичностью данных предприятий.

Цель работы заключается в изучении управленческих технологий, которые могут способствовать организации замкнутых производственных циклов на предприятиях минерально-сырьевого комплекса и реальному повышению их экологичности в условиях реализации концепции циркулярной экономики.

Методика проведения исследований. Исследования проводятся путем изучения, критической оценки и систематизации технологий организации и управления замкнутыми производственными циклами на предприятиях минерально-сырьевого комплекса.

Результаты исследований. В качестве объектов проводимых исследований выступили такие управленческие технологии, как: циркулярные бизнес-модели, предложенные в отчете Фонда Эллен МакАртур; схемы-иерархии управления отходами с различным составом элементов R; логистические приемы управления отходами как специфическими материальными потоками. Данные технологии вполне согласуются друг с другом и при совместном применении могут способствовать повышению индекса развития циркулярной экономики в условиях предприятий минерально-сырьевого комплекса.

Вывод. Согласованное развитие управленческих технологий способствует реализации концепции циркулярной экономики на предприятиях минерально-сырьевого комплекса, а также их движению к экологически устойчивому развитию и обеспечению конкурентоспособности.

Ключевые слова: циркулярная экономика; замкнутые производственные циклы; циркулярные бизнес-модели; схема-иерархия управления отходами; экпромышленный симбиоз; предприятия минерально-сырьевого комплекса.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках научного проекта № 20-010-00305А.

Введение. Предприятия минерально-сырьевого комплекса играют значительную роль в экономике России, развитие и богатство которой зависят от объемов и разнообразия полезных ископаемых в недрах. Производство в металлургии, химическом синтезе, теплоэнергетике, машиностроении, строительстве и других сферах экономики основано на использовании минерального сырья. Вместе с тем деятельность предприятий минерально-сырьевого комплекса оказывает существенное негативное влияние на окружающую среду, затрагивая все ее элементы [1].

С целью соблюдения баланса между экономическими, социальными и экологическими аспектами деятельности предприятий минерально-сырьевого комплекса важно соблюдение ими принципов концепции экологически устойчивого развития, трансформировавшейся в последнее время в концепции: «зеленой» экономики, наилучших доступных технологий и циркулярной экономики (табл. 1) [2–6].

Таблица 1. Концепции взаимодействия общества, экономики и природы
Table 1. The ideas of interaction between society, economy and nature

Название концепции	Время и место (документ) представления концепции	Характеристика концепции
Концепция экологически устойчивого развития	Доклад «Наше общее будущее», подготовленный Международной комиссией по окружающей среде и развитию (МКОСР) под председательством премьер-министра Норвегии Г. Х. Брундтланд в 1987 г.	В соответствии с концепцией: рост экономики должен вписываться в пределы экологических возможностей планеты; у текущего поколения должна быть ответственность перед будущими поколениями; необходимо обеспечивать развитие, которое может поддерживаться неопределенно долго
Концепция наилучших доступных технологий	Директива Европейского Совета «О комплексном контроле и предотвращении загрязнения», вышедшая в 1996 г.	Концепция обосновывает целесообразность внедрения технологий, которые характеризуются одновременно их экологичностью, демонстрируемой показателями воздействия на окружающую среду, и экономической эффективностью, определяемой превышением получаемых экономических выгод над затратами по внедрению и эксплуатации технологии
Концепция «зеленой» экономики	Доклад «Навстречу «зеленой» экономике: путь к устойчивому развитию и искоренению бедности», подготовленный в рамках Программы ООН по окружающей среде (ЮНЕП) в 2011 г.	Концепция ориентирует на формирование «зеленой» экономики, которая повышает благосостояние людей и обеспечивает социальную справедливость, и при этом существенно снижает риски для окружающей среды и ее обеднение. «Зеленая» экономика должна заменить «коричневую» экономику, которая характеризуется высокой зависимостью от энергии, извлекаемой из ископаемого топлива, истощением ресурсов и социальной маргинализацией
Концепция циркулярной экономики	Доклад о циклической экономике, выпущенный Мировым экономическим форумом, Фондом Ellen MacArthur и ведущей международной консалтинговой компанией McKinsey&Company в 2014 г. Доклад фонда Ellen MacArthur «Навстречу циклической экономике. Экономическое обоснование для бизнеса в целях ускоренного перехода к устойчивому развитию», подготовленный в 2015 г.	Концепция направлена на переход от линейной экономики, основной принцип которой «изъять–произвести–выбросить» к циклической экономике, обеспечивающей замкнутый, безотходный цикл воспроизводственного процесса

Трудно реализуемой в условиях минерально-сырьевого комплекса, связанного с образованием большого количества отходов, является концепция циркулярной экономики, которая ориентирована на организацию замкнутых производствен-

ных циклов. Однако именно ее развитие, базирующееся на системном и процессном подходах и сопровождаемое использованием специальных управленческих технологий, может способствовать реальному повышению экологичности сырьевых предприятий.

Цель работы заключается в изучении управленческих технологий, которые могут способствовать организации замкнутых производственных циклов на предприятиях минерально-сырьевого комплекса и реальному повышению их экологичности в условиях реализации концепции циркулярной экономики.

Методика проведения исследований. Исследования проводятся путем изучения, критической оценки и систематизации технологий организации и управления замкнутыми производственными циклами на предприятиях минерально-сырьевого комплекса.

Результаты исследований. В качестве объектов проводимых исследований выступили такие управленческие технологии, как: циркулярные бизнес-модели, схемы-иерархии управления отходами, а также логистические приемы управления отходами.

Циркулярные бизнес-модели, предложенные в отчете [7], представляют собой следующие методы ведения бизнеса, используемые как по отдельности, так и в комбинации: *circular suppliers* (круговые цепочки добавленной стоимости, или циркулярные поставки); *resources recovery* (восстановление ресурсов); *product life extension* (увеличение жизненного цикла продукта); *sharing platforms* (обмен и совместное использование); *product as a service* (продукт как услуга).

Следует отметить, что в условиях предприятий минерально-сырьевого комплекса многие из перечисленных циркулярных бизнес-моделей применимы довольно ограниченно. Так, *бизнес-модель, связанная с круговыми цепочками добавленной стоимости*, подходит только в случае использования материалов и энергии, полученных из возобновляемых и неисчерпаемых ресурсов. *Бизнес-модель «увеличение жизненного цикла продукта»* не применима в сфере добычи полезных ископаемых, обеспечивающей получение не готового продукта, а минерального сырья, подлежащего дальнейшей переработке. *Бизнес-модели «обмен и совместное использование»* и *«продукт как услуга»* реализуются при совместной разработке месторождений полезных ископаемых, а также обмене или аренде специализированного оборудования, необходимого на определенных этапах добычных, обогатительных и геологоразведочных работ. Учитывая большую отходность недропользования, наиболее приемлемой для предприятий данной сферы является циркулярная бизнес-модель «восстановление ресурсов», подразумевающая утилизацию отходов [8].

В соответствии с Федеральным законом «Об отходах производства и потребления» от 24.06.1998 г. № 89 основными способами утилизации отходов выступают: рециклинг (повторное использование отходов по прямому назначению), регенерация (возврат отходов в производственный цикл после соответствующей подготовки) и рекуперация (извлечение полезных компонентов для их повторного применения). Данные способы согласуются с получившей широкую известность концепцией разумного производства и потребления 3R, демонстрируемой с помощью схемы-иерархии методов управления отходами: Reduce (сокращение объемов образования отходов), Reuse (повторное использование отходов) и Recycle (использование отходов в качестве вторичного сырья) [9]. Реализуемая на предприятии концепция 3R со временем может смениться концепцией 6R с дополнительными элементами R, учитывающими все стадии жизненного цикла продукции: Recover (восстановление), Redesign (перепроектирование) и Remanufacture (ремануфактуринг) [10, 11]. Управление отходами, связанными

Таблица 2. Взаимосвязь циркулярных бизнес-моделей, схемы-иерархии управления отходами на базе концепции 9R и логистических приемов управления отходами в условиях минерально-сырьевого комплекса
Table 2. Interrelation between the circular business models, the scheme-hierarchy of waste management based on 9R concept, and logistics techniques of waste management in the condition of the mineral resource complex

Название циркулярной бизнес-модели [7]	Расшифровка элементов 9R / Название метода управления отходами [11]	Примеры логистических приемов управления отходами предприятия минерально-сырьевого комплекса [14, 15]
Circular suppliers / Круговые цепочки добавленной стоимости, или циркулярные поставки	Reduce / Сокращение объемов используемых ресурсов	Оптимизация норм расхода материалов, топливных и энергетических ресурсов Использование экологичных материалов, топливных и энергетических ресурсов
Resources recovery / Восстановление ресурсов	Reuse / Повторное использование отходов	Использование вскрышных пород, хвостов и шламов обогажительной фабрики, технической воды при производстве складочной смеси для заполнения выработанного пространства Использование вскрышных пород для рекультивации выработанного пространства карьеров Производство и использование попутной продукции (щебня, песчано-щебеночных смесей, теплоизоляционных материалов, камнерезной продукции и др.) Применение минерализованных стоков в процессе выщелачивания для переработки бедных руд и техногенных отходов горного, обогащенного и металлургического производства Формирование искусственных водоемов на месте затопленных карьерных выемок, которые используются в рекреационных целях Организация горных музеев, культурных памятников, экспозиций на месте закрытых горных цехов, шахт
	Resycle / Получение вторичного сырья	Использование вскрышных пород и хвостов обогащения для изготовления строительных материалов Использование шламов и шлаков металлургического производства для изготовления складочной смеси Применение попутного нефтяного газа в качестве химического и энергетического сырья Разработка техногенно-минеральных месторождений Переработка осадков сточных вод и твердых веществ, уловленных из пылегазовых выбросов: из осадков сточных вод получение удобрений и почвенного кондиционера; из уловленных неорганических веществ (шлама) – искусственных легких веществ, используемых для производства стройматериалов, цветочных горшков; из уловленной пыли – таких полезных компонентов, как цинк, алюминий, медь, железо, пятиокись ванадия и др.

	Recover / Восстановление	Очистка минерализованных стоков, шахтных и подземных вод с целью последующего использования в качестве технической воды, для полива с/х культур или для возврата в гидрографическую сеть (сброс очищенной воды в водоемы) Очистка газов от тепловых агрегатов и использование в качестве вторичного тепла Осветление отработанных масел
	Redesign / Перепроектирование	Доизвлечение полезных компонентов из некондиционных и забалансовых полезных ископаемых при появлении новых технологий или изменении условий
	Remanufacture / Ремапифактуринг	Восстановление запасных частей и ремонт экскаваторов, бурового и горнотранспортного оборудования Ремонт автомобильных шин Ремонт транспортерных лент
	Refurbish / Восстановление и обновление старого, но исправного продукта, Repurpose / Перепрофилирование, использование вышедшего из строя продукта и его частей в новом продукте с другим назначением, Repair / Ремонт и обслуживание неисправного продукта для использования по оригинальному назначению, Rethink / Повышение интенсивности использования продукта	Управление бывшей в употреблении продукцией и отходами в результате ведения предприятия минерально-сырьевого комплекса непрофильной экономической деятельности, например, связанной с машиностроением: восстановление, перепрофилирование горных и геологоразведочных машин оборудования, повышение износостойкости деталей машин и оборудования Управление отходами в рамках горно-металлургической компании в части металлургического производства: переработка лома черных и цветных металлов, повышение прочности и пластичности металла
	Rethink / Повышение интенсивности использования продукта	Совместная разработка месторождений полезных ископаемых. Обмен специализированными горными, геологоразведочными машинами и оборудованием
	Rethink / Повышение интенсивности использования продукта	Аренда специализированных горных, геологоразведочных машин и оборудования
Product life extension / Увеличение жизненного цикла продукта		
Sharing platforms / Обмен и совместное использование		
Product as a service / Продукт как услуга		

Таблица 3. Участники экoproмышленного симбиоза
Table 3. The participants of the eco-industrial symbiosis

Базовое горнодобывающее предприятие – производитель продукции и отходов			Предприятия – потребители продукции и переработчики отходов	
Название структурного подразделения	Виды продукции и отходов	Название предприятия	Виды продукции (их потребители) и отходов (места хранения, использования или переработки)	
Рудоуправление	Руда	Обогатительная фабрика базового горнодобывающего предприятия	Продукция: товарный концентрат, щебень различных фракций, хвосты, отсев скальных пород, отсев каменный, отсев гранитный, минерализованные стоки, загрязненная вода (потребители указаны ниже) Отходы: хвосты обогащения (хвостохранилище)	
	Скальные вскрышные породы, вмещающие породы	Асфальтобетонный завод	Продукция: асфальт (предприятие по ремонту и строительству дорог) Отходы: загрязненная вода (водоочистная станция), отходы асфальтобетонной смеси из пылегазулавливающих устройств (ПГУ) (предприятие по производству сухих строительных смесей), битумосодержащие отходы (предприятие по переработке битумных отходов)	
	Горная порода габбро	Завод по производству теплоизоляционных материалов (ПИМ)	Продукция: теплоизоляционные материалы (строительные организации) Отходы: загрязненная вода (очистка воды и повторное использование на заводе по производству ПИМ), отходящие газы от тепловых агрегатов (газоочистка и получение вторичного тепла на заводе по производству ПИМ)	
	Минерализованные стоки, загрязненная вода	Водоочистная станция	Продукция: очищенная вода (с/х предприятия) Отходы: осадок водоочистки (полигон ТКО)	
	Мягкие вскрышные и вмещающие породы	Отвал вскрышных и вмещающих пород		
	Изношенные детали машин и оборудования	Ремонтно-машиностроительный завод	Услуга: ремонт изношенных деталей машин и оборудования (рудоуправление) Продукция: новые детали машин и оборудования, запасные части, комплектующие (рудоуправление)	
	Изношенное электрооборудование, изношенные трансформаторы	Предприятие по ремонту электрических машин и оборудования	Услуга: ремонт электрооборудования, трансформаторов (рудоуправление)	

Обогащительная фабрика	Товарный концентрат (минерал)	Предприятие – переработчик товарного концентрата (минерала)	Продукция: продукты из минерала (потребители продуктов из минерала) Отходы: отходы переработки товарного концентрата (минерала) (шлако- и шламохранилища, переработчики отходов)
	Щебень различных фракций	Предприятие по ремонту и строительству дорог	Продукция: новые, отремонтированные дороги (управление дорогами) Отходы: отходы бетона и железобетона (предприятие по утилизации строительного лома)
	Щебень различных фракций	Строительная организация	Продукция: здания и сооружения (покупатели строений) Отходы: отходы бетона и железобетона (предприятие по утилизации строительного лома)
	Отсев гранитный, каменный	Предприятие по производству кровельных материалов	Продукция: кровельные материалы (строительные организации) Отходы: битумосодержащие кровельные отходы (предприятие по переработке кровельных отходов)
	Посыпка антигололедная	Предприятие по обслуживанию автодорог	Продукция: безопасные дороги (управление дороги)
	Хвосты, шламы	Предприятие по производству сухих строительных смесей	Продукция: сухие строительные смеси (строительные организации) Отходы: отсев песка (поставщик песка)
	Отсев скальных пород, щебень различных фракций	Хвост- и шламохранилища Асфальтобетонный завод	Продукция: асфальтобетон, песчано-щебеночная смесь (предприятие по ремонту и строительству дорог) Отходы: загрязненная вода (водоочистная станция), отходы асфальтобетонной смеси из пылегазулавливающих устройств (ПГУ) (предприятие по производству сухих строительных смесей), битумосодержащие отходы (предприятие по переработке битумных отходов)
	Минерализованные стоки, загрязненная вода	Водоочистная станция	Продукция: очищенная вода (с/х предприятия) Отходы: осадок водоочистки (полигон ТКО)
	Изношенные транспортные ленты	Предприятие по ремонту транспортных лент	Услуга: ремонт транспортных лент (обогащительная фабрика)

с ресурсами недр (вскрышными и вмещающими породами, хвостами и шламами обогатительных фабрик и металлургических заводов), ограничивается пятью R. Отходы, образуемые в результате использования других ресурсов, материалов и энергии, могут эффективно управляться с применением всех шести R, включая Remanufacture (ремануфактуринг).

В особых случаях, например в рамках вертикально-интегрированной (горно-металлургической) компании, осуществляющей не только добычу полезных ископаемых, но и металлургическое производство, а также в рамках конгломерата, реализующего стратегию несвязанной диверсификации, предполагающей ведение непрофильной для горной сферы экономической деятельности, предприятие минерально-сырьевого комплекса может развить схему-иерархию управления отходами на базе 9R путем добавления способов организации умного потребления: Refurbish (восстановление и обновление старого, но исправного продукта), Repurpose (перепрофилирование, использование вышедшего из строя продукта и его частей в новом продукте с другим назначением), Repair (ремонт и обслуживание неисправного продукта для использования по оригинальному назначению), Rethink (повышение интенсивности использования продукта) [11].

По мнению авторов, более эффективному внедрению и развитию циркулярных бизнес-моделей и схем-иерархий управления отходами на предприятиях минерально-сырьевого комплекса может способствовать применение логистических приемов управления особыми материальными потоками: отходами и вторичными ресурсами [12, 13]. Взаимосвязь циркулярных бизнес-моделей, схемы-иерархии управления отходами на базе концепции 9R (скорректированной для условий сырьевых предприятий) и логистических приемов управления отходами представлена в табл. 2.

В сфере управления отходами материальные потоки могут быть внутренними и являться частью замкнутых производственных циклов, организуемых на базе предприятия-недропользователя, а также внешними, формируемыми в рамках экопромышленных симбиозов (ecoindustrial symbiosis) [16], которые помимо базового предприятия-недропользователя включают организации, осуществляющие потребление и переработку отходов, а также ремонт, обслуживание и аренду машин и оборудования. Возможные участники такого экопромышленного симбиоза представлены в табл. 3.

Рассмотренные управленческие технологии, связанные с организацией замкнутых производственных циклов, вполне согласуются друг с другом и поэтому могут совместно применяться в условиях предприятий минерально-сырьевого комплекса.

Результативность использования данных технологий должна проявляться в повышении экологичности предприятий и выражаться в увеличении доли отходов, подвергнутых управлению с применением различных методов, и фиксироваться, по мнению Н. В. Пахомовой, К. К. Рихтера, М. А. Ветровой, в индексе развития циркулярной экономики для предприятий и отраслей промышленности [17, 18]. С целью возможности учета всех элементов схемы-иерархии управления отходами, которые могут применяться в условиях предприятий минерально-сырьевого комплекса, авторами статьи предлагается модифицированная формула расчета данного показателя:

$$CE = \frac{R_1 i_1 + R_2 i_2 + \dots + R_n i_n}{W},$$

где $R_{1,2,\dots,n}$ – объем отходов, подвергнутых управлению с использованием учитываемых элементов схемы-иерархии управления отходами (тонн или ден. ед.);

$i_{1,2,...,n}$ – весовые коэффициенты применяемых элементов схемы-иерархии управления отходами (табл. 4); W – общий объем отходов (тонн или ден. ед.); n – количество применяемых элементов схемы-иерархии управления отходами.

Таблица 4. Весовые коэффициенты применяемых элементов схемы-иерархии управления отходами
Table 4. Weighting coefficients of the applied elements in the waste management scheme-hierarchy

Элемент схемы- иерархии управления отходами	Экономия при- родного ресурса (природных ресурсов), %	Снижение объе- мов загрязнения (по наиболее важным веще- ствам), %	Прирост ути- лизируемых отходов, %	Итого	Весовой коэффициент ($i_{1,2,...,n}$)
Элемент R_1	C_1	C_2	C_3	ΣC_m	$i_1 = \frac{\Sigma C_m}{S_{\max}}$
Элемент R_2	G_1	G_2	G_3	ΣG_m	$i_2 = \frac{\Sigma G_m}{S_{\max}}$
...					
Элемент R_n	K_1	K_2	K_3	ΣK_m	$i_n = \frac{\Sigma K_m}{S_{\max}}$
Максимальное суммарное значение				$S_{\max} = (\Sigma C_m; \Sigma G_m; \dots; \Sigma K_m)$	

Весовые коэффициенты $i_{1,2,...,n}$ определяются исходя из степени приоритетности того или иного элемента схемы-иерархии управления отходами с точки зрения природноресурсного, экологического и экономического аспектов, которые можно учитывать как в натуральном выражении в виде экономии природных ресурсов (материалов, энергии), снижения объемов загрязнения (по наиболее важным веществам), прироста утилизируемых отходов (табл. 4), так и стоимостном выражении путем определения стоимости сэкономленных природных ресурсов (материалов, энергии), величины снижения платежей за негативное воздействие на окружающую среду, а также рентабельности утилизации отходов (чистые доходы/сумма затрат).

Вывод. Совместное и согласованное развитие циркулярных бизнес-моделей, схем-иерархий управления отходами, а также логистических приемов управления ими способствует реализации концепции циркулярной экономики на предприятиях минерально-сырьевого комплекса, а также их движению к экологически устойчивому развитию и обеспечению конкурентоспособности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мочалова Л. А., Соколова О. Г. Оценка социально-эколого-экономической результативности применения циркулярных бизнес-моделей в сфере добычи полезных ископаемых // Известия вузов. Горный журнал. 2020. № 4. С. 80–89 (In Eng.). DOI: 10.21440/0536-1028-2020-4-80-89

2. Мочалова Л. А. Нормативно-правовое обеспечение перехода горных предприятий на наилучшие доступные технологии // Горный журнал. 2019. № 1. С. 28–31. DOI: 10.17580/gzh.2019.01.06

3. Гурьева М. А. Теоретические основы концепта циркулярной экономики // Экономические отношения. 2019. Т. 9. № 3. С. 2311–2336. DOI: 10.18334/eo.9.3.40990

4. Brais Suarez-Eiroaa, Emilio Fernandez, Gonzalo Mendez-Martinezb, David Soto-Onate. Operational principles of circular economy for sustainable development: Linking theory and practice // Journal of Cleaner Production. 2019. P. 952–961. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.12.271

5. D’Amato D. et al. Green, circular, bio economy: A comparative analysis of sustainability avenues // Journal of Cleaner Production. 2017. No. 1. P. 716–734. DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.09.053

6. Prieto-Sandoval V., Jaca Carmen, Ormazabal M. Towards a consensus on the circular economy // Journal of cleaner production. 2018. No. 1. P. 605–615. DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.12.224

7. Ellen MacArthur Foundation: Towards a Circular Economy: Business Rationale For An Accelerated Transition. 2015. URL: https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/TCE_Ellen-MacArthur-Foundation-9-Dec-2015.pdf (дата обращения: 15.07.2020).

8. Мочалова Л. А. Разработка циркулярных бизнес-моделей для предприятий минерально-сырьевого комплекса // Стратегии и инструменты экологически устойчивого развития экономики: сборник трудов XV Международной научно-практической конференции Российского общества экологической экономики / под ред. И. М. Потравного, П. И. Сафонова, О. А. Чередниченко, Н. А. Довготько. Ставрополь: СтГАУ, 2019. С. 273–277.

9. Reduce Reuse, and Recycle Concept (the 3Rs”) and Life-cycle Economy / Governing Council of the United Nations Environment Programme. 2005. UNEP/GC.23/INF/11. URL: <https://digitallibrary.un.org/record/542126> (дата обращения: 15.07.2020).

10. Houshyar A., Houshyar A., Sulaiman R. Review paper on sustainability in manufacturing system // Journal of Applied Environmental and Biological Sciences. 2014. Vol. 4(4). P. 7–11.

11. Валько Д. В. Циркулярная экономика: понятийный аппарат и диффузия концепции в отечественных исследованиях // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Экономика и экологический менеджмент». 2019. № 2. С. 42–49. DOI: 10.17586/2310-1172-2019-12-2-42-49

12. Mochalova L., Sokolova O., Yurak V. Logistics system of waste management at the mining enterprises (2019) // Journal of Environmental Management and Tourism. 2019. No. 10(1). P. 202–209. DOI: 10.14505/jemt.v10.1(33).20

13. Юков В. А. Минерально-сырьевые потоки некоторых месторождений цветных металлов // ГИАБ. 2013. № 10. С. 145–154.

14. Утилизация отходов – проблемы, пути решения: аналитический обзор / Научно-исследовательский институт – Республиканский исследовательский научно-консультационный центр экспертизы. М., 2015. URL: http://www.extech.ru/files/anr_2015/anr_5.pdf (дата обращения: 15.07.2020).

15. Комплексное устойчивое управление отходами. Горнодобывающая промышленность / В. И. Петухов [и др.]. М.: Издательский дом Академии Естествознания, 2016. 638 с.

16. Andreas M. Hein, Marija Jankovic, Romain Farel, Bernard Yannou. A conceptual framework for eco-industrial parks // Proceedings of the ASME 2015 International Design Engineering Technical Conferences & Computers and Information in Engineering Conference IDETC/CIE 2015 August 2–5, 2015. Boston, Massachusetts, USA. DOI: 10.1115/DETC2015-46322

17. Ветрова М. А. Обоснование стратегических и операционных решений предприятий в условиях перехода к циркулярной экономике: дис. ... канд. экон. наук. СПб: СПбГУ, 2018. 211 с.

18. Пахомова Н. В., Рихтер К. К., Ветрова М. А. Переход к циркулярной экономике и замкнутым цепям поставок как фактор устойчивого развития // Вестник СПбГУ. Экономика. 2017. Т. 33. Вып. 2. С. 244–268. DOI:10.21638/11701/spbu05.2017.203

Поступила в редакцию 17 июля 2020 года

Сведения об авторах:

Мочалова Людмила Анатольевна – доктор экономических наук, доцент, заведующая кафедрой экономики и менеджмента Уральского государственного горного университета. E-mail: lyudmila.mochalova@m.ursmu.ru

Соколова Ольга Геннадьевна – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры экономики и менеджмента Уральского государственного горного университета. E-mail: olga.sokolova@m.ursmu.ru

DOI: 10.21440/0536-1028-2020-6-75-86

Environmental management of mineral resource complex enterprises in the implementation of the circular economy concept

Liudmila A. Mochalova¹, Olga G. Sokolova¹

¹ Ural State Mining University, Ekaterinburg, Russia.

Abstract

Introduction. Enterprises of the mineral resource complex play a significant role in the economy of our country, the development and wealth of which depend on the volume and variety of minerals in the subsurface. At the same time, the activities of enterprises of the mineral resource complex have a significant negative impact on the environment, affecting all its elements. This leads to the need to manage the environmental performance of these enterprises.

The aim of this work is to study management technologies that can contribute to closed production cycles creation at enterprises of the mineral complex and real improvement of their environmental performance in terms of implementing the concept of circular economy.

The methodology of the research includes the study, critical evaluation and systematization of technologies for closed production cycles organization and management at enterprises of the mineral resource complex.

Research results. The objects of research are such management technologies as: circular business models proposed in the report of the Ellen MacArthur Foundation, schemes-hierarchies of waste management with a different composition of R elements, and logistics techniques for managing waste as specific material flows. These technologies are quite consistent with each other and, when applied together, can help to increase the circular economy development index in the conditions of mineral resource complex enterprises.

Conclusion. The coordinated development of management technologies contributes to the implementation of a circular economy concept at the enterprises of the mineral resource complex, as well as their movement towards environmentally sustainable development and ensuring competitiveness.

Key words: circular economy; closed production cycles; circular business models; scheme-hierarchy of waste management; eco-industrial symbiosis; enterprises of the mineral resource complex.

Acknowledgements. The research has been financially supported by RFBR under project no. 20-010-00305A.

REFERENCES

1. Mochalova L. A., Sokolova O. G. Assessment of socio-eco-economic effectiveness of circular business models in mineral production. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal = News of the Higher Institutions. Mining Journal*. 2020; 4: 80–89.
2. Mochalova L. A. Regulatory and legal framework for transition to the best available techniques in mining. *Gornyi zhurnal = Mining Journal*. 2019; 1: 28–31. (In Russ.)
3. Gurieva M. A. The theoretical basis of the concept of circular economy. *Ekonomicheskie otnosheniia = Journal of International Economic Affairs*. 2019; 9(3): 2311–2336. (In Russ.)
4. Brais Suarez-Eiroa, Emilio Fernandez, Gonzalo Mendez-Martinez, David Soto-Onate. Operational principles of circular economy for sustainable development: Linking theory and practice. *Journal of Cleaner Production*. 2019; 952–961.
5. D'Amato D. et al. Green, circular, bio economy: A comparative analysis of sustainability avenues. *Journal of Cleaner Production*. 2017; 1: 716–734.
6. Prieto-Sandoval V., Jaca Carmen, Ormazabal M. Towards a consensus on the circular economy. *Journal of Cleaner Production*. 2018; 1: 605–615.
7. Ellen MacArthur Foundation. *Towards a Circular Economy: Business Rationale For An Accelerated Transition*. 2015. Available from: https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/TCE_Ellen-MacArthur-Foundation-9-Dec-2015.pdf [Accessed 15 July 2020].
8. Mochalova L. A. Developing circular business model for the enterprises of the mineral resource complex. In: Potravnyi I. M., Safonov P. I., Cherednichenko O. A., Dovgotko N. A. (eds.) *Strategies and instruments for the environmentally sustainable economic development: Proceeding of the 15th International conf. of the Russian Society for Ecological Economics*. Stavropol: StGAU Publishing; 2019. p. 273–277. (In Russ.)
9. UNEP. Executive Director. *Reduce Reuse, and Recycle Concept (the 3Rs) and Life-cycle Economy. Governing Council of the United Nations Environment Programme*. 2005. UNEP/GC.23/INF/11. Available from: <https://digitallibrary.un.org/record/542126> [Accessed 15 July 2020].
10. Houshyar A., Houshyar A., Sulaiman R. Review paper on sustainability in manufacturing system. *Journal of Applied Environmental and Biological Sciences*. 2014; 4(4): 7–11.
11. Валько Д. В. Circular economy: definitions and diffusion of the concept in Russian research. *Nauchnyi zhurnal NIU ITMO. Seriya «Ekonomika i ekologicheskii menedzhment» = Scientific Journal NRU ITMO. Series "Economics and Environmental Management"*. 2019; 2: 42–49. (In Russ.)
12. Mochalova L., Sokolova O., Yurak V. Logistics system of waste management at the mining enterprises (2019). *Journal of Environmental Management and Tourism*. 2019; 10(1): 202–209.
13. Iukov V. A. Mineral streams of some deposits of nonferrous metals. *Gornyi informatsionno-analiticheskii biulleten (nauchno-tehnicheskii zhurnal) = Mining Informational and Analytical Bulletin (scientific and technical journal)*. 2013; 10: 145–154. (In Russ.)
14. SRI FRCEC. *Waste recycling: problems and solutions: analytical review*. Moscow: 2015. Available from: http://www.extech.ru/files/anr_2015/anr_5.pdf [Accessed 15 July 2020].
15. Petukhov V. I. et al. *Integrated and sustainable waste management. Mining industry*. Moscow: Izdatelskii dom Akademii Estestvoznaniia Publishing; 2016. (In Russ.)
16. Andreas M. Hein, Marija Jankovic, Romain Farel, Bernard Yannou. A conceptual framework for eco-industrial parks. In: *Proceedings of the ASME 2015 International Design Engineering Technical Conferences & Computers and Information in Engineering Conference IDETC/CIE 2015 August 2–5, 2015*. Boston, Massachusetts, USA.
17. Vetrova M. A. *Rationale for strategic and operational solutions of enterprises in the conditions of transition to circular economy: PhD in Economics diss.* St. Petersburg: SpBU Publishing; 2018. (In Russ.)
18. Pakhomova N. V., Rikhter K. K., Vetrova M. A. Transition to circular economy and closed-loop supply chains as driver of sustainable development. *Vestnik SPbGU. Ekonomika = St. Petersburg University Journal of Economic Studies*. 2017; 33 (2): 244–268. (In Russ.)

Information about authors:

Liudmila A. Mochalova – DSc (Economics), Associate professor, Head of the Department of Economy and Management, Ural State Mining University. E-mail: lyudmila.mochalova@m.ursmu.ru

Olga G. Sokolova – PhD (Economics), Associate professor, associate professor of the Department of Economy and Management, Ural State Mining University. E-mail: olga.sokolova@m.ursmu.ru

Для цитирования: Мочалова Л. А., Соколова О. Г. Управление экологичностью предприятий минерально-сырьевого комплекса при реализации концепции циркулярной экономики // Известия вузов. Горный журнал. 2020. № 6. С. 75–86. DOI: 10.21440/0536-1028-2020-6-75-86

For citation: Mochalova L. A., Sokolova O. G. Environmental management of mineral resource complex enterprises in the implementation of the circular economy concept. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal = News of the Higher Institutions. Mining Journal*. 2020; 6: 75–86 (In Russ.). DOI: 10.21440/0536-1028-2020-6-75-86