

UDC 622.85:330.15:316.334.23

Arno V.V., Kolesnichenko E.P., Semykin E.S., Sharov P.E. Circular economy in mining as a social project: employment and public perception of technogenic deposit reprocessing

Циркулярная экономика в горном деле как социальный проект: занятость и восприятие переработки техногенных месторождений

Arno Veronika Vladimirovna

Ph.D., Associate Professor, Department of Geology and Mining,
North-Eastern State University, Magadan

Kolesnichenko Eva Pavlovna

Undergraduate Student
Master's Degree Program in State and Municipal Audit
Moscow State University, Moscow

Semykin Evgeny Sergeevich

Senior Lecturer of the Department of ETS,
North-Eastern State University, Magadan

Sharov Pavel Egorovich,

Undergraduate Student
of Polytechnic Institute North-Eastern State University, Magadan

Арно Вероника Владимировна
Кандидат технических наук, доцент кафедры Геологии и горного дела ФГБОУ ВО Северо-Восточный государственный университет, г. Магадан

Колесниченко Ева Павловна,

Студентка 4 курса

направления подготовки «Государственный и муниципальный аудит»

ВШГА МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва

Семькин Евгений Сергеевич,

Старший преподаватель кафедры ГиГД

ФГБОУ ВО Северо-Восточный государственный университет, г. Магадан

Шаров Павел Егорович,

Студент 4 курса

Политехнический институт

ФГБОУ ВО «Северо-Восточный государственный университет

Abstract. *The study considers circular economy in mining as a social rather than a purely technological task: it quantifies the employment generated by reprocessing of technogenic deposits and proposes a measurable model of public perception of such projects. Legal analysis, calculation of the production programme and labour intensity with an employment multiplier, and an adaptation of the integrative social licence to operate model were applied. Three typical technogenic objects of the Magadan Region were considered: alluvial gold tailings dumps, a gold plant tailings storage facility and overburden dumps involved in construction materials production. Three projects with a total capacity of 2.5 Mt per year provide 152 jobs including induced effects, 1129 job-years and about 141 million roubles of annual budget revenues from payroll alone, while returning 480 hectares of disturbed land into economic use. Specific employment per 1 Mt of feed differs by a factor of 2.5, and the decisive factor of community acceptance is procedural fairness and quality of information rather than the amount of investment.*

Keywords: circular economy, technogenic deposits, mining waste, tailings reprocessing, employment, employment multiplier, social licence to operate, risk perception, Magadan Region.

Аннотация. Цель работы – оценить циркулярную экономику в горном деле не только как технологическую, но и как социальную задачу: определить занятость, создаваемую переработкой техногенных месторождений, и предложить измеримую модель общественного восприятия таких проектов. Используются нормативно-правовой анализ, расчёт производственной программы и трудоёмкости с применением мультипликатора занятости, а также адаптация интегративной модели «социальной лицензии на деятельность» к условиям горнопромышленного региона. Расчёты выполнены для трёх типовых техногенных объектов Магаданской области: эфельно-галечных отвалов россыпи, хвостохранилища золотоизвлекательной фабрики и отвалов вскрышных пород, вовлекаемых в производство строительных материалов. Установлено, что три проекта совокупной производительностью 2,5 млн т в год обеспечивают 152 рабочих места с учётом сопряжённых эффектов, 1129 рабочих мест-лет и около 141 млн руб. ежегодных поступлений в бюджетную систему только по фонду оплаты труда при одновременном вовлечении в оборот 480 га нарушенных земель. Показано, что удельная занятость на 1 млн т перерабатываемого сырья различается в 2,5 раза, а решающим фактором принятия проекта населением является не объём инвестиций, а процедурная справедливость и качество информирования.

Ключевые слова: циркулярная экономика, техногенные месторождения, отходы недропользования, переработка хвостов, занятость, мультипликатор занятости, социальная лицензия на деятельность, восприятие риска, Магаданская область.

Введение

Горнодобывающая промышленность остаётся основным источником образования отходов производства в стране: по официальной статистике формы 2-ТП (отходы) в 2025 году в России образовано 7,84 млрд т отходов производства и потребления, при этом утилизировано 1,87 млрд т, а размещено на хранение 3,87 млрд т; основными отходообразователями названы добыча угля, добыча металлических руд и металлургические производства [9]. Такие объёмы означают, что переход к экономике замкнутого цикла в горном деле не является отраслевой частностью — он определяет и экологическую нагрузку на территории, и структуру занятости в горнопромышленных регионах.

Техногенные минеральные образования традиционно рассматриваются как источник дополнительного минерального сырья: доля материалов, реально переходящих в готовую продукцию, оценивается всего в 2–6 %, а при открытой разработке отвалы и шламоохранилища занимают более 75–80 % площади землепользования предприятия [1]. Технологически переработка хвостов признана самостоятельной стратегией циркулярной экономики наряду с сокращением отходообразования, переработкой во вторичную продукцию и подготовкой к будущему использованию, причём экономическая целесообразность определяется содержанием полезных компонентов, наличием инфраструктуры, объёмом материала и рыночной ценой металла [3].

Значительно реже техногенные месторождения обсуждаются как социальный проект. Между тем именно социальный контур определяет реализуемость: повторное вовлечение отработанных площадей затрагивает территории, где население уже имеет собственный опыт соседства с горным производством, и решение о поддержке или сопротивлении принимается на основе доверия к оператору, а не технико-экономических показателей [4, 5]. Для Магаданской области вопрос имеет прикладной характер: в 2025 году в регионе добыто 55,1 т золота, из них 16,1 т россыпного [10], а более чем вековая история отработки россыпей сформировала обширный фонд эфельно-галечных отвалов и хвостов промывки, пространственно совмещённых с населёнными пунктами.

Цель работы — количественно оценить занятость, создаваемую проектами переработки техногенных месторождений, и предложить измеримую модель восприятия таких проектов местным сообществом, пригодную для планирования взаимодействия недропользователя с территорией.

Материалы и методы

Институциональные условия

Правовой режим освоения техногенных объектов существенно изменён Федеральным законом от 14.07.2022 № 343-ФЗ, вступившим в силу с 01.09.2023: введены понятия отходов недропользования и вскрышных пород, установлен уведомительный порядок их использования и добычи из них полезных ископаемых и попутных компонентов, а объекты хранения вскрыши при условии полного использования подлежат исключению из государственного реестра объектов размещения отходов [6, 7]. Уведомление о начале использования отходов недропользования направляется не позднее чем за 15 рабочих дней до начала работ, отдельно по каждой цели использования [7]. Налоговый режим также поощряет вовлечение отходов: полезные ископаемые, извлечённые из собственных отвалов или отходов (потерь) добывающего и связанных с ним перерабатывающих производств, не признаются объектом налогообложения налогом на добычу полезных ископаемых, если при добыче из недр они уже подлежали налогообложению, а в отношении полезных ископаемых, остающихся во вскрышных, вмещающих породах и в отвалах, применяется ставка 0 % [8].

Исходные условия расчёта

Рассмотрены три типовых варианта техногенных объектов, характерных для Магаданской области: I — эфельно-галечные отвалы отработанной россыпи, вовлекаемые в повторную промывку; II — хвостохранилище золотоизвлекательной фабрики, перерабатываемое по гравитационно-флотационной схеме; III — отвалы

вскрышных пород, используемые для производства щебня и дорожно-строительных материалов. Первые два варианта относятся к извлечению металла, третий — к материальной утилизации, которая в региональных исследованиях экономики замкнутого цикла рассматривается как основа промышленного симбиоза горных, строительных и сельскохозяйственных предприятий [2]. Исходные данные приведены в таблице 1.

Таблица 1

Исходные данные по вариантам переработки техногенных объектов

Вариант	Тип техногенного объекта	V, тыс. т	γ , г/т	ε , д. ед.	A, тыс. т/год	S, га
I	Эфельно-галечные отвалы россыпи	5 400	0,25	0,60	900	180
II	Хвосты обогатительной фабрики	2 600	0,85	0,72	400	60
III	Отвалы вскрыши (стройматериалы)	12 000	—	—	1 200	240

Примечание: V — запасы техногенного сырья; γ — содержание золота; ε — извлечение; A — годовая производительность по перерабатываемому сырью; S — площадь нарушенных земель, возвращаемая в оборот. Удельная производительность труда q принята 30; 16 и 40 тыс. т на работника в год, коэффициент мультипликации занятости k — 0,8; 1,0 и 0,6 соответственно; цена золота — 9,0 тыс. руб./г, цена щебня — 1,1 тыс. руб./т.

Расчётная методика

Годовой выпуск металла определяли по производственной программе переработки:

$$M = A \cdot \gamma \cdot \varepsilon \quad (1)$$

где M — годовой выпуск металла, кг/год; A — годовая производительность по техногенному сырью, тыс. т/год; γ — содержание полезного компонента, г/т; ε — извлечение, доли ед.

Годовую выручку проекта рассчитывали как произведение выпуска на цену продукции:

$$R = M \cdot \text{Ц} \quad (2)$$

где R — годовая выручка, млн руб./год; Ц — цена продукции, тыс. руб./г (для варианта III — произведение объёма выпуска строительных материалов на цену 1 т).

Численность основного производственного персонала определяли через удельную производительность труда:

$$N_{\text{пр}} = A / q \quad (3)$$

где $N_{пр}$ — прямая занятость, чел.; q — производительность труда по перерабатываемой горной массе, тыс. т на работника в год.

Полную занятость проекта с учётом сопряжённых (косвенных и индуцированных) рабочих мест в транспорте, ремонте, торговле и услугах оценивали через мультипликатор занятости:

$$N_{общ} = N_{пр} \cdot (1 + k) \quad (4)$$

где $N_{общ}$ — совокупная занятость, чел.; k — коэффициент мультипликации занятости, доли ед.

Прямой бюджетный эффект по фонду оплаты труда, который возникает независимо от режима налогообложения добычи, определяли выражением:

$$Б = N_{общ} \cdot \Phi \cdot (C_{ндфл} + C_{св}) \quad (5)$$

где $Б$ — поступления в бюджетную систему, млн руб./год; Φ — среднегодовая оплата труда одного работника, млн руб. (принята 2,16 млн руб.); $C_{ндфл}$ — ставка налога на доходы физических лиц (0,13); $C_{св}$ — совокупный тариф страховых взносов (0,30).

Восприятие проекта местным сообществом оценивали интегральным индексом, построенным по интегративной модели социальной лицензии на деятельность, в которой принятие проекта определяется доверием, формируемым качеством контакта, процедурной справедливостью и балансом воспринимаемых выгод и воздействий [4]:

$$I = (\sum w_i \cdot b_i) / 5 \cdot 100 \% \quad (6)$$

где I — индекс социального восприятия, %; w_i — вес i -го фактора, доли ед. ($\sum w_i = 1$); b_i — балльная оценка фактора по пятибалльной шкале, полученная по результатам анкетирования жителей.

Результаты

Результаты расчёта производственных, трудовых и бюджетных показателей приведены в таблице 2.

Таблица 2

Производственные и социально-экономические показатели проектов

Вариант	Т, лет	Годовой выпуск	Р, млн руб./год	$N_{пр}$ / $N_{общ}$, чел.	Рабочих мест-лет	Б, млн руб./год
I	6,0	135 кг золота	1 215	30 / 54	324	50
II	6,5	245 кг золота	2 203	25 / 50	325	46
III	10,0	1 200 тыс. т щебня	1 320	30 / 48	480	45
Итого	—	—	4 738	85 / 152	1 129	141

Примечание: T — срок отработки техногенного объекта; R — годовая выручка; $N_{пр}$ — прямая занятость; $N_{общ}$ — занятость с учётом мультипликатора; $Б$ — поступления по налогу на доходы физических лиц и страховым взносам.

Совокупная занятость трёх проектов составляет 152 человека при общей производительности 2,5 млн т сырья в год. Для сопоставления: доля добычи полезных ископаемых в структуре занятости Магаданской области составляет около 17 % при среднегодовой численности занятых в экономике порядка 90 тыс. человек, то есть рассмотренный комплекс проектов эквивалентен примерно 1 % занятых в отрасли и создаётся без прироста площади нарушенных земель.

Удельные показатели различаются существенно. На 1 млн т перерабатываемого сырья приходится 33,3 чел. в варианте I, 62,5 чел. в варианте II и 25,0 чел. в варианте III; на 1 га возвращаемых в оборот земель — 0,30; 0,83 и 0,20 рабочего места соответственно. Наиболее трудоёмким является вариант II: переработка хвостов фабрики требует полноценного обогатительного передела, тогда как варианты I и III основаны на выемочно-транспортных операциях с высокой удельной производительностью. Выручка на одного работника составляет 22,5; 44,1 и 27,5 млн руб. в год, что соответствует уровню производительности действующих золотодобывающих предприятий и подтверждает конкурентоспособность техногенного сырья при современных ценах на металл.

Существенным результатом является продолжительность занятости. Проекты переработки техногенных объектов имеют короткий жизненный цикл — от 6 до 10 лет, поэтому в терминах рабочих мест-лет (1 129 за весь период) они выступают не заменой основной добычи, а инструментом сглаживания занятости при выбытии традиционных мощностей. Это отличает их от новых горных проектов и определяет социальную функцию: удержание квалифицированных кадров в поселениях, где основное производство завершено.

Отдельного учёта требует бюджетный контур. Поскольку полезные ископаемые, извлечённые из собственных отвалов и отходов добывающего производства, при выполнении установленных условий не облагаются налогом на добычу полезных ископаемых, а к запасам во вскрышных и вмещающих породах применяется нулевая ставка [8], основным устойчивым источником бюджетных поступлений становится оплата труда — около 141 млн руб. в год по трём проектам. Тем самым государство фактически обменивает ресурсную ренту на занятость и ликвидацию накопленного вреда, что и позволяет рассматривать переработку техногенных месторождений как социальный проект.

Структура факторов, определяющих восприятие таких проектов населением, и предлагаемые веса для расчёта по формуле (6) приведены в таблице 3

Таблица 3

Факторы социального восприятия проектов переработки техногенных месторождений

Фактор	Вес w_i	Индикатор измерения	Инструмент управления
Процедурная справедливость	0,30	Участие жителей в обсуждении проектной документации	Общественные слушания, публикация проекта рекультивации
Качество контакта с оператором	0,25	Оценка полноты и достоверности информации	Постоянный информационный центр, экскурсии на объект
Воспринимаемые выгоды	0,25	Число рабочих мест для местных жителей, доля местных подрядов	Программа найма и обучения, локализация закупок
Воспринимаемые воздействия	0,20	Пыление, мутность водотоков, шум, состояние дорог	Производственный экологический контроль, публичный мониторинг

Примечание: значение индекса I ниже 50 % соответствует отказу в поддержке проекта, 50–70 % — условному принятию, свыше 70 % — устойчивому одобрению; веса заданы по соотношению значимости факторов в интегративной модели социальной лицензии [4].

Обсуждение

Полученные результаты показывают, что экономический и социальный эффекты переработки техногенных месторождений не совпадают по структуре. Экономически наиболее привлекателен вариант с максимальным содержанием металла (хвосты фабрики), социально наиболее значим вариант с наибольшей площадью возвращаемых земель и наибольшей продолжительностью работ (отвалы вскрыши). Поэтому оценка проектов циркулярной экономики только по внутренней норме доходности систематически занижает их ценность для территории: рабочие места-годы, ликвидированные объекты накопленного вреда и восстановленные земли не отражаются в денежном потоке недропользователя.

Второй вывод касается механизма принятия проекта сообществом. Исследования социальной лицензии на деятельность показывают, что доверие к оператору определяется прежде всего процедурной справедливостью и качеством, а не количеством контактов с населением [4]. Для техногенных объектов этот механизм осложняется тем, что территория уже имеет историю горного производства, а память о прошлой деятельности и связанная с ней идентичность существенно влияют на отношение к возобновлению работ на старых площадках [5]. Практическое следствие: информационная кампания должна начинаться до подачи проектной документации, а не после появления первых претензий, а показатели воздействия (пыление, мутность водотоков) целесообразно публиковать в открытом доступе.

Третье соображение — институциональное. Уведомительный порядок использования отходов недропользования и исключение объектов хранения вскрыши из реестра объектов размещения отходов снизили административный барьер [6, 7],

однако устойчивая модель требует не только упрощения процедур, но и организации промышленного симбиоза: горное предприятие поставляет вскрышные породы и хвосты, строительная и дорожная отрасли обеспечивают гарантированный спрос, а сельское хозяйство использует рекультивированные площади [2]. Для Магаданской области с ограниченным рынком строительных материалов таким гарантированным спросом могут выступать программы дорожного строительства и содержания зимников.

Ограничения исследования связаны с использованием укрупнённых показателей производительности труда и мультипликатора занятости, а также с тем, что индекс социального восприятия предложен как проектируемый инструмент и требует апробации на репрезентативной выборке жителей горнопромышленных поселений. Развитием работы должно стать анкетирование населения посёлков, расположенных вблизи техногенных объектов, с отдельной оценкой факторов таблицы 3 и проверкой гипотезы о ведущей роли процедурной справедливости.

Выводы

1. Переработка техногенных месторождений формирует занятость, сопоставимую по масштабу с малым горным предприятием: три рассмотренных проекта совокупной производительностью 2,5 млн т в год создают 85 прямых и 152 совокупных рабочих места, 1 129 рабочих мест-лет и около 141 млн руб. ежегодных бюджетных поступлений по фонду оплаты труда при возвращении в оборот 480 га нарушенных земель.

2. Удельная занятость на 1 млн т перерабатываемого сырья изменяется от 25,0 до 62,5 чел. и определяется глубиной передела: обогатительные схемы переработки хвостов фабрик трудоёмче выемочно-транспортных схем освоения отвалов вскрыши в 2,5 раза.

3. Освобождение техногенного сырья от налога на добычу полезных ископаемых переносит основной бюджетный эффект с ресурсной ренты на оплату труда, что делает такие проекты по своей экономической природе социальными и обосновывает их оценку по критериям занятости и ликвидации накопленного вреда, а не только по доходности.

4. Ключевым условием реализуемости является общественное принятие, измеримое предложенным индексом социального восприятия с весами 0,30 (процедурная справедливость), 0,25 (качество контакта), 0,25 (воспринимаемые выгоды) и 0,20 (воспринимаемые воздействия); пороговое значение устойчивого одобрения принято на уровне 70 %.

5. Для горнопромышленных территорий Магаданской области циркулярная экономика целесообразна в форме промышленного симбиоза с гарантированным спросом со стороны дорожного и жилищного строительства, что превращает отходы прошлой добычи в источник занятости на период выбытия традиционных мощностей.

References

1. Игнатьева М.Н., Юрак В.В., Душин А.В., Стровский В.Е. Техногенные минеральные образования: проблемы перехода к циркулярной экономике // Горные науки и технологии. - 2021. - Т. 6. - N 2. - С. 73-89. - DOI: 10.17073/2500-0632-2021-2-73-89.
2. Размахнин К.К. Принципы экономики замкнутого цикла в управлении отходами горнодобывающей промышленности в Краснодарском крае: технологические и институциональные аспекты // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2024. - N 10. - С. 166-180. - DOI: 10.25018/0236_1493_2024_10_0_166.
3. Kinnunen P., Karhu M., Yli-Rantala E., Kivikyto-Reponen P., Makinen J. A review of circular economy strategies for mine tailings // Cleaner Engineering and Technology. - 2022. - Vol. 8. - Art. 100499. - DOI: 10.1016/j.clet.2022.100499.
4. Moffat K., Zhang A. The paths to social licence to operate: An integrative model explaining community acceptance of mining // Resources Policy. - 2014. - Vol. 39. - P. 61-70. - DOI: 10.1016/j.resourpol.2013.11.003.
5. Measham T., Walton A., Felton S. Mining heritage and community identity in the social license of proposed renewed mining // The Extractive Industries and Society. - 2021. - Vol. 8. - N 3. - Art. 100891. - DOI: 10.1016/j.exis.2021.02.011.
6. Федеральный закон от 14.07.2022 N 343-ФЗ «О внесении изменений в Закон Российской Федерации «О недрах» и отдельные законодательные акты Российской Федерации». - URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=427564>.
7. Вакуленко А.В. Новый порядок использования и добычи отходов недропользования // Золото и технологии. - 2023. - N 2 (60). - URL: https://zolteh.ru/law/novyy_poryadok_ispolzovaniya_i_dobychi_otkhodov_nedropolzovaniya/.
8. Налоговый кодекс Российской Федерации. Часть вторая. Статья 342. Налоговая ставка. - URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_28165/b0945496f341b2d7e1f79e0bc9dd4e4522a466b1/.
9. Росприроднадзор сформировал официальную статистику об обращении с отходами в 2025 году / Федеральная служба по надзору в сфере природопользования. - 2026. - URL: https://rpn.gov.ru/press/news/rosprirodnadzor_sformiroval_ofitsialnuyu_statistiku_ob_obrashchenii_s_otkhodami_v_2025_godu/.
10. Итоговая добыча золота в Магаданской области за 2025 год составила 55,1 тонны / NEDRADV. - 2026. - URL: https://nedradv.ru/nedradv/ru/page_news?obj=0784c317fd34a438132140e07b40d585.