

Научно-поисковая статья/Research article

УДК 504.5:622.8

<https://doi.org/10.33764/2411-1759-2026-31-3-176-183>

Рекультивация нарушенных земель при отработке месторождений полезных ископаемых: вызовы и решения, мировой опыт

Э. Нгендаменья¹, А. П. Сизов^{1,4}

¹ Московский государственный университет геодезии и картографии,
г. Москва, Российская Федерация

e-mail: evarstengendamenya@gmail.com

Аннотация. Целью исследования является анализ деятельности горнодобывающих компаний и кооперативов по устранению или уменьшению негативных эффектов горнодобывающей промышленности по отношению к окружающей среде. Для восстановления нарушенных эксплуатации земель принимаются меры предосторожности при снятии и сохранении различных слоев почвы в зависимости от их плодородия для использования в рекультивации. Возврат почв на эксплуатируемую территорию производится после завершения формирования нового рельефа, заключающегося в уменьшении уклона и засыпке существующих полостей (ям, галерей и шахтных стволов). Засыпка производится в порядке возрастания плодородия слоев. После полного формирования почвенного слоя компенсируются недостатки плодородия и дефекты структуры почвы путем добавления в нее удобрений и мелиорантов в соответствии с потребностями высаживаемой растительности. Создание растительного покрова обогащает почву питательными веществами, нейтрализует токсичные вещества и способствует борьбе с эрозией. Хороший растительный покров характеризуется диверсификацией видов растений с целью их устойчивого произрастания, защиты от болезней и надлежащей вегетации. Использование местных видов предпочтительно для обеспечения устойчивости растительного покрова; однако при фиторемедиации используются и интродуцированные зарубежные виды растений. Подготовлен авторский систематизированный комплекс терминов, определяющих способы и методы охраны окружающей среды и ее компонентов конкретными мероприятиями. Также разработана авторская технологическая схема выполнения мероприятий по охране нарушенных земель при отработке месторождений полезных ископаемых открытым способом.

Ключевые слова: горнодобывающие компании, добыча полезных ископаемых, заброшенный горнодобывающий участок, консервация земель, открытые горные работы, охрана окружающей среды, оценка воздействия на окружающую среду, реабилитация территорий

Для цитирования:

Нгендаменья Э., Сизов А. П. Рекультивация нарушенных земель при отработке месторождений полезных ископаемых: вызовы и решения, мировой опыт. *Вестник СГУГиТ*. 2026. Т. 31, № 3. С. 176–183. <https://doi.org/10.33764/2411-1759-2026-31-3-176-183>

Land reclamation in mineral resource extraction: challenges, solutions, and international practices

E. Ngendamanya¹, A. P. Sizov¹

¹Moscow State University of Geodesy and Cartography, Moscow, Russian Federation

e-mail: evarstengendamenya@gmail.com

Abstract. The objective of the study is to analyze the activities of mining companies in mitigating or eliminating the negative environmental impacts of mining operations. Measures are implemented to restore lands disturbed by mining operations, including precautionary measures during the removal and preservation of various soil layers based on their fertility for subsequent use in reclamation. Soils are returned to the reclaimed area after the formation of a new relief, which involves reducing slopes and backfilling existing cavities (pits, galleries, and mine shafts). Backfilling is carried out in order of increasing soil layer fertility. After complete formation of the soil layer, fertility deficiencies and soil structure defects are compensated by adding fertilizers and ameliorants to the soil according to the needs of the planted vegetation. The establishment of vegetation cover enriches the soil with nutrients, neutralizes toxic substances, and helps combat erosion. A high-quality vegetation cover is characterized by species diversification to ensure sustainable growth, disease resistance, and proper vegetation development. The use of native species is preferred to ensure vegetation cover stability; however, introduced foreign plant species are also used in phytoremediation. An author-developed systematic set of terms defining ways and methods of environmental protection and its components through specific measures was prepared. Additionally, an author-developed technological scheme for implementing measures to protect disturbed lands during open-pit mining of mineral deposits was developed.

Keywords: mining companies, mineral extraction, abandoned mining site, land conservation, open-pit mining, environmental protection, environmental impact assessment, land rehabilitation

For citation:

Ngendamena E., Sizov A. P. (2026). Land reclamation in mineral resource extraction: challenges, solutions, and international practices. *Vestnik SSUGiT [Vestnik SSUGT]* Vol. 31, No. 3. pp. 176–183. <https://doi.org/10.33764/2411-1759-2026-31-3-176-183>

Введение

Деятельность по добыче полезных ископаемых с осуществлением открытых горных работ имеет важное значение для развития любой страны, принося доход как отдельным компаниям, так и государству в целом. Однако такая деятельность нередко приводит к значительному ухудшению состояния окружающей среды. Компании и другие заинтересованные стороны в горнодобывающей промышленности должны восстанавливать поврежденные ландшафты, минимизируя или полностью устраняя последствия, вызванные эксплуатацией. Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС), выполненная горнодобывающей компанией или любым другим участником горнодобывающих работ и одобренная должностными лицами по охране окружающей среды, должна определять все виды горнодобывающей деятельности, включая рекультивацию земель [1]. Рекультивационные мероприятия должны соответствовать целям землепользования, согласованным горнодобывающими компаниями и землевла-

дельцами. Для успешной рекультивации горнодобывающих участков контроль и мониторинг мероприятий должны осуществляться руководителями шахт, ответственными за горнодобывающую промышленность и охрану окружающей среды, совместно с территориальными администрациями в рамках действующего законодательства. В случае ненадлежащего осуществления рекультивации, а также при наличии бесхозных участков рекультивация нарушенных земель проводится под эгидой правительства через сеть созданных учреждений [2]. Поддержка территориальной администрации, гражданского общества, населения и международных учреждений, занимающихся добычей полезных ископаемых, имеет большое значение для успеха в мониторинге и контроле окружающей среды [3, 4].

Основной целью исследования является анализ мирового опыта реабилитации территорий под объектами горной добычи и карьерами.

Для достижения этой цели необходимо выполнить следующие задачи:

1. Изучить научные и методические публикации и документы, касающиеся рекульти-

вазии земель, нарушенных в ходе горных работ.

2. Представить систематизированный обзор современной информации в сфере реабилитации территорий, на которых осуществлялась добыча полезных ископаемых открытым способом.

3. Подготовить рекомендации по охране окружающей среды для заинтересованных сторон в сфере горнодобывающей деятельности.

Материалы и методы

При анализе проблемы реализован информационно-логический метод обзора и анализа положений, содержащихся в опубликованных научных статьях и иных документах в сфере реабилитации горнодобывающих объектов и карьеров после завершения добычи полезных ископаемых.

Результаты

В результате изучения опубликованных материалов в сфере рекультивации земель, нарушенных в ходе горных работ, установлены особенности рекультивационных работ. Учитывая вредные последствия добычи полезных ископаемых с осуществлением открытых горных работ, горнодобывающие компании и кооперативы обязаны осуществить восстановление нарушенных земель путем рекультивации, включающей технический и биологический этапы. Технический этап рекультивации состоит в воссоздании ландшафта в соответствии с выбранным использованием земель в национальном хозяйстве. Он включает выравнивание рельефа, отсыпку отвалов, удаление, транспортировку и засыпку на рекультивируемые земли плодородных грунтов и горных пород. Сюда также входит строительство дорог, каналов, плотин и т. д. Биологический этап рекультивации предполагает агротехнические мероприятия по оптимизации водно-воздушного и питательного режимов рекультивируемого слоя, посев необходимых сельскохозяйственных растений и посадку лесных культур. По итогам биологического этапа создаются сельскохозяйственные угодья, рекреационные зоны, леса, пруды и дру-

гие водоемы, а также покрытие земной поверхности растительностью, предотвращающее негативное воздействие на окружающую природную среду [5].

На техническом этапе рекультивации формируется новый рельеф путем засыпки полостей (ям, галерей и колодцев) почвой и уменьшением крутизны уклона [6]. Засыпка колодцев выполняется при наличии засыпных материалов; в противном случае колодец закрывается бетонными плитами или заглушками. Выбор устанавливаемой конструкции зависит от размеров полости, гранулометрического состава и водно-физических свойств почвы или почвогрунта [7]. При засыпке почвы человек изменяет соотношение ее твердой, жидкой и газообразной фаз, обеспечивая постоянную трансформацию посредством химических реакций и физико-механических изменений (эрозии и вымывания) [8]. Если условия рекультивации позволяют, снятый верхний слой почвы непосредственно укладывается на рекультивируемую поверхность (так называемый метод прямого возврата, т. е. максимум в течение 7 дней). Такие действия, однако, не всегда возможны; во многих случаях используется почва, сохраняемая во временных накопителях. Прямой же возврат свежего верхнего слоя почвы помогает обогатить почву органическими веществами и живыми биологически активными микроорганизмами [9].

Поскольку регулярная подсыпка почвы приводит к изменению ее структуры и текстуры и росту плотности, после завершения подсыпки на рекультивируемых землях необходимо провести коррекцию структуры и плодородия почвы. Для устранения структурных дефектов вносят известь и органические вещества, а для повышения плодородия – удобрения [10].

Успешное сохранение плодородного почвенного слоя обеспечивает жизнеспособность семян. Определяющим фактором этого является время. Эксперименты подтвердили, что семена более жизнеспособны лишь в течение одного года сохранения; через два года наблюдается значительное снижение жизнеспособности семян. Климат также играет важную роль в долговечности семян: в засуш-

ливых регионах семена живут гораздо дольше, чем во влажных; засушливые условия окружающей среды замедляют прорастание семян в верхнем слое почвы, поэтому скорость потери семян из-за старения низка. Таким образом, для успешного восстановления растительности важно защитить верхний слой почвы водонепроницаемым покрытием [11].

После нормализации состояния почвы процесс рекультивации включает посадку растений различных видов; видовое разнообразие способствует борьбе с вредителями, поражающими данный вид растений, диверсификации агропроизводства и т. д.). После

укоренения и удачной вегетации растения выполняют многочисленные функции: образуют напочвенный покров, регулируют водный поток и т. д. Рекомендуются местные виды растений, адаптированные к окружающей среде, однако при фиторемедиации используются и интродуцированные виды, завезенные из-за рубежа [12].

Как результат обобщения научной терминологии в опубликованной литературе и нормативных документах, авторами подготовлен систематизированный комплекс терминов, определяющих способы и методы охраны окружающей среды и ее компонентов конкретными мероприятиями (таблица).

Комплекс терминов для мероприятий по охране окружающей среды

Компонент окружающей среды	Негативные процессы	Совокупность мероприятий по охране
Территория (урбоэкосистема)	–	Реабилитация
Земля	Нарушение, включая добычу полезных ископаемых	Рекультивация
	Использование в сельскохозяйственном производстве	Мелиорация (коренное улучшение земель)
	Недостаточность мер по охране для восстановления исходных свойств	Консервация (юридическое оформление факта невозможности использования земель на определенный срок с изъятием их из оборота в законодательно установленном порядке)
Почва	Порча и уничтожение плодородного слоя почвы	Восстановление
	Деградация механическая (эрозия и т. п.)	Землевание; реплантация
	Захламление; заражение патогенными микроорганизмами	Санация
	Загрязнение радиоактивное	Дезактивация
	Загрязнение химическое	Детоксикация; хемо-, био-, фиторемедиация
	Засоление	Рассоление
	Уничтожение почвенной биоты	Оздоровление; ревитализация

Обсуждение

Подготовленный систематизированный обзор современной информации в сфере реабилитации территорий, на которых осуществлялась добыча полезных ископаемых открытым способом, включает описание вредных последствий добычи полезных ископаемых. Добыча полезных ископаемых с осуществлением открытых горных работ приносит доход стране и направ-

лена на ее развитие. Побочным продуктом развития, индуцированного добычей полезных ископаемых, становятся негативные воздействия на окружающую среду.

Конкретные негативные воздействия, вызванные горнодобывающей деятельностью, проиллюстрированы примерами (фотографиями, отражающими важность рекультивации земель различных горнодобывающих участков).

В Новой Каледонии добыча полезных ископаемых началась в 1873 г. Рекультивация нарушенных земель началась лишь в 1970 г., а 97 лет эти земли находились в нарушенном состоянии по причине отсутствия их правообладателей, будучи по сути бесхозными объектами [13]. В составе 14 заброшенных горнодобывающих участков, выявленных в 2009 г., ~1718 га остались нерекультивированными. Рекультивация этих заброшенных объектов становится задачей правительственных учреждений или компаний, которые получают контракты на эксплуатацию в районах их расположения [2].

Воздействие горнодобывающей промышленности требует адекватных мер для минимизации его пагубных негативных последствий. В ряде регионов (Новая Каледония, Южная Африка, Индонезия, Испания, Франция, Австралия и др.) добыча полезных ископаемых привела к нарушению больших площадей земель (особенно в долинах и ниже по течению от объекта горной добычи) и загрязнению больших площадей земель, поверхностных и грунтовых вод токсичными веществами (рис. 1).



Рис. 1. Добыча полезных ископаемых в долине Бангка в Индонезии (1930) [14]

Шлам из отходов, переносимых сточной водой, представляет опасность для воды рек ниже по течению от ферм, вызывая гибель живых существ, включая рыб. Пример: река Мулили в Габоне, где даже крупные животные (коровы) погибли из-за заиления [15].

Качественная рекультивация направлена на восстановление исходных функций и структуры экосистемы, что обеспечивает ее полное восстановление (рис. 2 [16]).



Рис. 2. Фотография до (слева) и после трех лет восстановления растительного покрова (справа) с помощью Ингасом в Пактолесе [16]

Следующая кривая иллюстрирует эволюцию горнодобывающей деятельности на ее различных стадиях, от эксплуатации до восстановления (рис. 3 [16]).

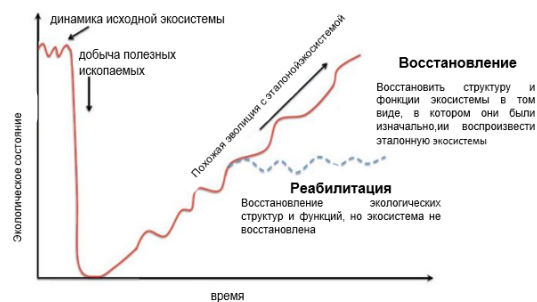


Рис. 3. Гипотетическое развитие экосистемы, иллюстрирующее различия между реабилитацией отдельных экологических функций и полным восстановлением экосистемы [16]

Последствия горнодобывающей деятельности многочисленны и крайне опасны. Попадание отходов горнодобывающей промышленности в реки, ручьи и даже моря вследствие эрозии наблюдается во многих странах (примеры: Франция, Австралия, Испания, Новая Каледония, Южная Африка, Индонезия). Процессы переработки отходов и рекультивации горнодобывающих участков должны быть строго регламентированы. Учитывая, что окружающая среда, расположенная ниже по течению от горнодобывающих участков, подвержена разрушению и загрязнению стоками с горнодобывающих участков, необходимо принять адекватные мероприятия для снижения или ликвидации этих последствий. В силу токсичности неочищенных отходов

жизнь живых существ, включая людей, подвергается опасности. Сокращается площадь пахотных земель.

Горнодобывающие компании в сотрудничестве с административными органами обязаны восстанавливать оголенные территории, высаживая фиксирующие травы и формируя лесные массивы. Должностные лица, отвечающие за горнодобывающую деятельность, охрану окружающей среды и территориальное управление, должны обеспечить надлежащее выполнение обязательств горнодобывающими компаниями и кооперативами от начала эксплуатации до завершения работ по восстановлению. Чиновникам, отвечающим за охрану окружающей среды, необходимы служебные командировки для изучения опыта тех стран, в которых рекультивация горнодобывающих участков проведена удачно, чтобы в конечном итоге содействовать рекультивации земель в своих странах. Странам, только приступающим к добыче полезных ископаемых, следует извлечь уроки из истории горнодобывающей промышленности других стран и принять законодательство, разрешающее вести добычу полезных ископаемых исключительно с учетом требований охраны окружающей среды [14].

Как результат обсуждения мирового опыта, авторами предлагается следующий порядок процедуры охраны нарушенных земель при отработке месторождений полезных ископаемых (рис. 4).

1-я стадия: предупредительные (превентивные) мероприятия	
Содержание мероприятий	Этап добычи полезных ископаемых
Предупреждение развития негативных процессов и источников их возникновения	Проектирование добычи полезных ископаемых, оценка воздействия на окружающую среду
▼	
2-я стадия: защитные (компенсационные) мероприятия	
Содержание мероприятий	Этап добычи полезных ископаемых
Минимизация отрицательного воздействия негативных процессов, компенсирующая вред окружающей среде	Эксплуатация месторождений полезных ископаемых при их добыче
▼	
3-я стадия: восстановительные (рекультивационные) мероприятия	
Содержание мероприятий	Этап добычи полезных ископаемых
Устранение источников возникновения негативных процессов и ликвидация их последствий	Завершение добычи полезных ископаемых и последующее осуществление рекультивации нарушенных земель

Рис. 4. Технологическая схема выполнения мероприятий по охране нарушенных земель при отработке месторождений полезных ископаемых

Состав конкретных мероприятий на каждой стадии зависит от степени изменения состояния компонентов окружающей среды, в первую очередь почв и геологической среды. В качестве отдельного мероприятия, выполняемого в случае, когда цикл предыдущих мероприятий не приводит к нормализации состояния окружающей среды, авторы предлагают консервацию земель, заключающуюся в юридическом оформлении факта невозможности их использования на определенный срок с изъятием из оборота в законодательно установленном порядке. Такой порядок необходимо прописать в национальном законодательстве стран, активно разрабатывающих полезные ископаемые открытым способом.

Выводы

В заключение следует отметить, что горнодобывающая деятельность оказывает множество негативных последствий для окружающей среды. Сток отходов горнодобывающей промышленности в расположенные ниже по течению ландшафты приводит к токсичности речных вод, ручьев и в конечном итоге морей. Рекультивация должна быть необходимой для всех шахт путем выполнения задач, предусмотренных в процедуре ОВОС.

Также разработана авторская технологическая схема выполнения мероприятий по охране нарушенных земель при отработке месторождений полезных ископаемых открытым способом.

Специалисты в области горнодобывающей промышленности и охраны окружающей среды при поддержке административных органов должны осуществлять надлежащий контроль за деятельностью компаний и кооперативов, эксплуатирующих шахты. Законодательство в этой области, которым должны руководствоваться все заинтересованные стороны при добыче полезных ископаемых, послужит гарантией безопасности горных работ.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Васильченко А. В. Рекультивация нарушенных земель : учебное пособие. В 2 ч. Ч. 1. Оренбург : ОГУ, 2017. 230 с.
2. TRANAP H. Réhabilitation des sites miniers orphelins en province Sud. Université Rennes 1. 2009. 52 p. Rapport de stage.
3. Initiative pour la transparence dans les industries extractives (ITIE). De la mise en œuvre de l'ITIE. 2012. 153 p.
4. KARIM Z. (2022). La protection de l'environnement "en péril" dans le secteur minier Guinéen. RIES Numéro 4 Mai 2022. P. 27–33.
5. Сметанин В. И. Рекультивация и обустройство нарушенных земель. М. : Колос, 2000. 96 с.
6. Коваленко В. С., Штейнцайг Р. М., Голик Т. В. Рекультивация нарушенных земель на карьерах : учебное пособие. В 2 ч. Ч. 1. Основные требования к рекультивации нарушенных земель. М. : Издательство Московского государственного горного университета, 2008. 65 с.
7. Godoy S., Metz M., Saunier M. Principes de mise en sécurité de puits de mine. Rapport final BRGM/RP-57576-FR. 2009. 39 p.
8. Jean M. F. Martins. Le sol, une ressource essentielle et si fragile. 2019. fhal-02414321. Disponible sur [https://hal.science/hal-02414321/file/Le%20sol%20Echosciences\)_Martins-JMF-Final.pdf](https://hal.science/hal-02414321/file/Le%20sol%20Echosciences)_Martins-JMF-Final.pdf).
9. Gardner J. Restaurer les sites miniers pour atteindre des objectifs d'utilisation des terres : l'extraction de la bauxite dans la forêt de Jarrah en Australie-Occidentale, Australie, 2024. Disponible sur <https://www.fao.org/4/y2795f/y2795f03.htm#:~:text=La%20s%C3%A9lection%20des%20objectifs%20d%27utilisation%20des%20terres%20apr%C3%A8s,la%20biodiversit%C3%A9%20et%20des%20exigences%20en%20mati%C3%A8re%20>.
10. Есжанова Т. С., Жарников В. Б., Ильиных А. Л. Охрана земель в Республике Казахстан. Рекультивация нарушенных земель в системе устойчивого развития землепользования. Вестник СГУГиТ. 2024. Т. 29, № 6. С. 120–133. DOI 10.33764/2411-1759-2024-29-6-120-133.
11. Peter J. Golos., Kingsley W. Dixon. (2014). Waterproofing Topsoil Stockpiles Minimizes Viability Decline in the Soil Seed Bank in an Arid Environment. *Restoration Ecology* 22, Issue 4 : 495–501.
12. Stéphanie T. Méthodes de végétalisation dans la restauration écologique de sites miniers : comparaison entre le québec et le pérou. Maîtrise : ecologie internationale et environnement : québec : université de sherbrooke : 2012. 116 p.
13. France Bailly, Hamid Amir, Frédéric Bart, Bruno Fogliani, Véronique Forlacroix, et al. Environnement et restauration des sites miniers. *Géologues*, 2021. fhal-03582006f. Disponible sur <https://hal.science/hal-03582006>.
14. Etat des lieux des conséquences graves de l'exploitation minière ISF SystExt Mars 2016.
15. Grâce Méлина MENGUE EDOH AFIYO. Impacts de l'exploitation minière sur l'environnement et les collectivités locales dans la province du Haut-Ogooué: cas de la Comilog à Moanda (GABON). Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du mastère spécialisé en gestion durable des mines. Institut International d'ingénierie de l'eau et de l'environnement : 2011. 61 p.
16. Cabidoche M. Synthèse des techniques de réhabilitation des sites miniers primaires à ciel ouvert. Rapport final. BRGM/RP-69776-FR, 2020. 143 p.

REFERENCES

1. Vasilchenko, A. V. (2017). *Rekul'tivatsiya narushennykh zemel'* [Reclamation of Disturbed Lands]. Orenburg: OGU publ., 230 p. ISBN 978-5-7410-1816-3 [in Russian].
2. TRANAP, H. (2009). Rehabilitation of orphan mining sites in the Southern Province. *University of Rennes 1. Internship report*. 52 p.
3. Extractive Industries Transparency Initiative (EITI). On the implementation of the EITI. 2012. 153 p.
4. KARIM, Z. (2022). Environmental protection "in danger" in the Guinean mining sector. RIES Issue 4. 27–33.

5. Smetanin, V. I. (2000). *Rekul'tivatsiya i obustroystvo narushennykh zemel*. [Reclamation and development of disturbed lands]. Moscow: Kolos publ. 96 p. ISBN 5 – 10 – 003501- 3. Available on https://www.phantastike.com/agriculture/rekul'tivatsiya_i_obustroystvo_narush_zem/djvu/view/. [in Russian].
6. Kovalenko V. S., Shteyntsayg R. M., & Golik T. V. (2008). *Rekul'tivatsiya narushennykh zemel' na kar'yerakh* [Reclamation of disturbed lands in quarries]. Moscow: Izdatel'stvo Moskovskogo gosudarstvennogo gornogo universiteta publ. CH. 1. Osnovnyye trebovaniya k rekul'tivatsii narushennykh zemel'. 65 p. ISBN 978-5-7418-0281-8 [in Russian].
7. Godoy, S., Metz, M., & Saunier, M. (2009). Principles of mine shaft safety. *Final report BRGM/RP-57576-FR*. P. 39.
8. Jean M. F. Martins. (2019). Soil, an essential and fragile resource. fhal-02414321. Available on [https://hal.science/hal-02414321/file/Le%20sol%20Echosciences\)_Martins-JMF-Final.pdf](https://hal.science/hal-02414321/file/Le%20sol%20Echosciences)_Martins-JMF-Final.pdf).
9. Gardner, J. (2024). Restoring mine sites to achieve land use objectives: bauxite mining in the Jarrah Forest of Western Australia. Available on <https://www.fao.org/4/y2795f/y-2795f03.htm#:~:text=La%20s%C3%A9lection%20des%20objectifs%20d%27utilisation%20des%20terres%20apr%C3%A8s,la%20biodiversit%C3%A9%20et%20des%20exigences%20en%20mati%C3%A8re%20>.
10. Eszhanova, T. S., Zharnikov, V. B., & Ilyinykh, A. L. (2024) Land protection in the Republic of Kazakhstan. Reclamation of disturbed lands in the system of sustainable land use development. *Vestnik SGUGiT* [Vestnik SGUGiT], 29(6), 120–133. DOI 10.33764/2411-1759-2024-29-6-120-133 [in Russian].
11. Peter J. Golos., Kingsley W. Dixon. (2014). Waterproofing Topsoil Stockpiles Minimizes Viability Decline in the Soil Seed Bank in an Arid Environment. *Restoration Ecology* 22, Issue 4: 495–501.
12. Stephanie, T. (2012). Vegetation methods in the ecological restoration of mining sites: a comparison between quebec and peru. Master's: international ecology and environment. *Quebec: university of sherbrooke*. P. 116.
13. France, B., Amir, H., Bart, F., Fogliani, B., Forlacroix, V., Et al. (2021). Environment and restoration of mining sites. *Geologists*. fhal-03582006f. Available on <https://hal.science/hal-03582006>.
14. State of play of the serious consequences of mining. (2016) ISF SystExt.
15. Grace Melina Mengue Edoh Afiyo. (2011). Impacts of mining on the environment and local communities in the province of Haut-Ogooue: case of Comilog in Moanda (Gabon). Final dissertation for the specialized master's degree in sustainable mine management. *International Institute of Water and Environmental Engineering*. 61 p.
16. Cabidoche, M. (2020). Summary of rehabilitation techniques for primary open-pit mining sites. *Final report*. BRGM/RP-69776-FR, p. 143.

Об авторах

Эварист Нгендаменья – аспирант.

Александр Павлович Сизов – доктор технических наук, профессор кафедры землеустройства и кадастров.

Author details

Evariste Ngendamenya – Ph. D. Student.

Alexander P. Sizov – D. Sc., Professor, Department of Land Management and Cadastre.

Получено / Received 06.10.2025

Поступила после рецензирования / Revised 29.04.2026

Принята к публикации / Accepted 06.05.2026