



ГОРНОПРОМЫШЛЕННАЯ И НЕФТЕГАЗОПРОМЫСЛОВАЯ ГЕОЛОГИЯ, ГЕОФИЗИКА, МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ДЕЛО И ГЕОМЕТРИЯ НЕДР

Научная статья

УДК 622.852:622.882

EDN: WULGWZ

DOI: 10.21285/2686-9993-2023-46-4-413-422



Анализ структуры земель, нарушенных при подземной разработке рудных месторождений

Е.А. Иванов^{a,✉}, Б.Л. Тальгамер^b

^{a,b}Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия

Резюме. Цель данного исследования заключалась в изучении и анализе структуры нарушенных земель на горнодобывающих предприятиях Восточной Сибири и Дальнего Востока, разрабатывающих рудные месторождения. В настоящее время на исследуемых предприятиях вопрос рекультивации нарушенных земель в проектной документации рассмотрен укрупненно, в связи с чем появляется риск оставить данные территории без должного внимания после завершения работ по добыче. В процессе исследования сделан анализ структуры нарушенных земель по данным проектной документации и полевых наблюдений на четырех горнодобывающих предприятиях. Установлен характер нарушенных участков земель и их площади. В процессе полевых исследований выявлены нарушения, не установленные проектами и требующие неординарных решений по их устранению. Определена усредненная структура нарушенных земель при подземной разработке рудных месторождений, выявлены ее отличия от аналогичной структуры при открытых горных работах. Доказано, что деятельности горнодобывающих предприятий, занимающихся подземной разработкой рудных месторождений, и рекультивации нарушенных земель не уделяется должного внимания, что приводит к нарастанию площади техногенного рельефа и к негативным экологическим последствиям. Представленная методика исследования включает полевые работы с выездом на горнодобывающие предприятия, а также анализ проектных решений и космоснимков.

Ключевые слова: рудные месторождения, подземная разработка, нарушенные земли, рекультивация

Для цитирования: Иванов Е.А., Тальгамер Б.Л. Анализ структуры земель, нарушенных при подземной разработке рудных месторождений // Науки о Земле и недропользование. 2023. Т. 46. № 4. С. 413–422. <https://doi.org/10.21285/2686-9993-2023-46-4-413-422>. EDN: WULGWZ.

APPLIED MINING AND PETROLEUM FIELD GEOLOGY, GEOPHYSICS, MINE SURVEYING AND SUBSOIL GEOMETRY

Original article

Analysis of the structure of lands disturbed by underground mining of ore deposits

Evgeny A. Ivanov^{a,✉}, Boris L. Talgamer^b

^{a,b}Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

Abstract. The purpose of the work is to study and analyze the structure of the lands disturbed by the mining enterprises of Eastern Siberia and the Far East developing ore deposits. While the issue of disturbed land reclamation is treated today by the project documentation of the mining enterprises as an aggregate plan, there is a risk of leaving the lands without due attention after the completion of mining operations. The conducted study included the analysis of the disturbed land structure according to the project documentation and field observations at four mining enterprises. As a result, the nature of the disturbed land sites and their area was determined. The field research revealed disturbances not provided by the proj-



ects and requiring extraordinary solutions to eliminate them. The average structure of disturbed lands under underground mining of ore deposits was determined, its differences from the similar structure under open-pit mining were identified. It has been proven that the activities of mining enterprises involved in the underground development of ore deposits and reclamation of disturbed lands lack due attention, which leads to the growth in technogenic relief area and adverse environmental impacts. The presented research methodology includes field work with the visits to mining enterprises, as well as the analysis of design solutions and satellite images.

Keywords: ore deposits, underground mining, disturbed lands, reclamation

For citation: Ivanov E.A., Talgamer B.L. Analysis of the structure of lands disturbed by underground mining of ore deposits. *Nauki o Zemle i nedropol'zovanie = Earth sciences and subsoil use*. 2023;46(4):413-422. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2686-9993-2023-46-4-413-422>. EDN: WULGWZ.

Введение

Проблема рекультивации нарушенных горными предприятиями территорий актуальна многие годы¹⁻³. Остро стоит данный вопрос и в настоящее время, так как при добыче полезных ископаемых используется большое количество земель, происходит уничтожение почвенного слоя и изменение рельефа местности⁴ [1].

Материалы и методы исследования

В связи с актуальностью озвученной проблемы в ходе проведенного исследования на горнодобывающих предприятиях, осуществляющих подземную разработку на рудных месторождениях, с помощью средств измерения и визуальным методом исследованы объекты, непосредственно относящиеся к процессу добычи и дальнейшей переработки руды: отвалы, пруды-отстойники, хвостохранилища, промплощадки и др.

При открытой разработке месторождений большая часть нарушенных земель представлена карьерами и отвалами пустых пород. Нарушенные земли в целом по предприятию имеют примерно следующую структуру: на незасыпанные карьерные выработки приходится порядка 47 %, внутренние отвалы занимают около 12 %, внешние отвалы – 30 % и около 10 % занимают прочие участки [2, 3]. В специальной литературе, связанной с открытыми горными работами, достаточно детально установлены требования к параметрам рекультивации [4–8], хотя пределы изменения этих параметров обоснованы не по всем направлениям.

Вопросам рекультивации нарушенных земель после подземной разработки в специальной литературе уделено гораздо меньше внимания [9–12]. Можно предположить, что при этом способе разработки нарушенных территорий должно быть значительно меньше, однако фактически это не всегда так [13–15]. Земли занимают под промышленные площадки, устья штолен, шахтные копры, ремонтные базы, отвалы, дороги и т. д. [16–20].

Для анализа нарушенных земель выбрано четыре горнодобывающих предприятия Восточной Сибири («Рудник 1» – «Рудник 4»), специализирующихся на подземной разработке рудных месторождений.

Разработка месторождения, расположенного в Республике Бурятия, предприятием «Рудник 1» началась в 1998 году. Последний из технических проектов был выполнен в 2020 году. Работы планируется вести до 2025 года. В схеме вскрытия участвует вертикальный ствол «Главный», пройденный до горизонта +1290 м. Для отработки нижележащих запасов предусмотрены спиральные съезды до горизонта +900 м. Общая глубина разработки месторождения составляет 1400 м. Максимальная производственная мощность по добыче руды – 210 тыс. т. Балансовые запасы золота и серебра утверждены по категориям C1 и C2.

Горнодобывающее предприятие «Рудник 2» осуществляет разработку месторождения подземным способом с 2017 года. Последний из технических проектов был выполнен в 2022 году. Разработку месторождения по данному проекту планируется выполнить до 2034 года.

¹ Чemezov В.В., Коврыжников В.Л. Землепользование и рекультивация нарушенных земель при разработке месторождений золота и алмазов: пособие по разработке проектов рекультивации нарушенных земель. Иркутск: ОАО «Иргиредмет», 2007. 330 с.

² Половников А.В. Рекультивация и мелиорация нарушенных земель: учеб. пособие. Пермь: Изд-во Пермской ГСХА, 2016. 51 с.

³ Чайкина Г.М., Обьедкова В.А. К вопросу о приоритетных направлениях и районировании рекультивации нарушенных земель: доклад на симпозиуме «Неделя горняка – 2000». Москва, МГГУ, 31 января – 4 февраля 2000 г. // Горная промышленность. 2004. № 4. С. 27–29.

⁴ Государственные доклады о состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области. Иркутск: ООО «Мегапринт», 2017–2020.



Максимальная производственная мощность по добыче руды – 150 тыс. т. Балансовые запасы утверждены по категориям С1 и С2. Глубина отработки месторождения составляет 370 м.

На предприятии «Рудник 3» горные работы начались в 2003 году. Последний из технических проектов был выполнен в 2021 году. Разработку месторождения по данному проекту планируется произвести до 2032 года. Глубина отработки на сегодняшний день достигает 650 м. Балансовые запасы руды утверждены по категориям С1 и С2 и составляют 5033 тыс. т. Производственная мощность по добыче руды составляет 400 тыс. т.

Предприятие «Рудник 4» имеет очень богатую историю становления и развития, которая началась задолго до советского периода. Согласно последнему выполненному проекту в 2022 году, отработка балансовых запасов в количестве 5897,7 тыс. т. руды должна производиться до 2042 года. Балансовые запасы золота и серебра утверждены по категориям С1 и С2. На данный момент глубина отработки месторождения достигает 712 м. Максимальная производственная мощность по добыче руды – 350 тыс. т.

На перечисленных выше рудниках были проведены полевые исследования и сделан анализ структуры нарушенных земель (таблица).

По горнодобывающему предприятию «Рудник 1» можно сделать вывод о том, что боль-

шую площадь нарушенных земель занимает фабрика и хвосты обогащения. Значительная площадь приходится на дорожные сети, однако здесь следует учесть, что дороги и линии электропередач в дальнейшем будут использоваться для нужд местного населения, а также для геолого-разведочных работ. Большие площади заняты отвалами. На рис. 1 изображены отвалы с двух штолен, на которых самозарастание происходит медленно или же не происходит совсем. На них отмечается лишь скудная травянистая растительность и редкие деревья.

Перед формированием отвалов не был снят потенциально плодородный слой (рис. 2), что существенно усложняет рекультивацию.

Объем отвалов на предприятии невелик, так как из пустых пород формировалось дорожное полотно, в том числе и в подземных горных выработках.

Отдельно хочется отметить провалы, образующиеся на поверхности из-за применения системы разработки с магазинированием руды. Площадь провалов относительно невелика и составляет всего 1684 м² (рис. 3). Однако стоит отметить, что площадь уже образовавшегося провала может увеличиваться в связи с сильной трещиноватостью пород. Этот факт практически исключает процесс рекультивации данного участка, так как при помощи горного оборудования опасно производить работы в таких условиях.

Структура нарушенных земель на исследуемых объектах The structure of disturbed lands on the facilities under investigation

Нарушенные участки	Используемые на исследуемых объектах площади, га			
	Рудник 1	Рудник 2	Рудник 3	Рудник 4
Административно-бытовые комплексы и промплощадки	20,2	180	20	13,5
Дорожные сети	35,5	13	23	17
Открытые выработки	–	142	13,36	–
Карьер песчано-гравийных пород	–	–	2,84	–
Породные отвалы	8,13	20	–	7
Обогатительная фабрика	23	30	–	4,5
Хвосты обогащения	57,5	36,5	–	8,2
Провалы	0,2	–	0,1	–
Прочее (линии электропередач, гидротехнические сооружения и др.)	6,2	9	7	4
Итого	150,7	430,5	66,3	54,2



Рис. 1. Отвал пустых пород при штольне № 16
Fig. 1. Waste rock dump at the tunnel no. 16



Рис. 2. Отвал пустых пород при штольне № 12
Fig. 2. Waste rock dump at the tunnel no. 12



Рис. 3. Провал земной поверхности
Fig. 3. The failure of the Earth's surface



Провалы не предсказываются, не учитываются и нигде не регистрируются, однако представляют опасность в дальнейшем для местного населения и животных, а также обуславливают ряд экологических проблем, в том числе связанных с уменьшением модуля стока поверхностных вод и увеличением питания подземных вод.

По предприятию «Рудник 2» обнаружено существенное расхождение проектных и фактических данных о нарушенных площадях. Согласно проектным показателям, площадь нарушенных земель должна составлять 430,5 га, а по измерениям с использованием космоснимков (рис. 4) нарушено по меньшей мере 467,6 га, что на 37,1 га больше проектных значений. При этом разработка месторождения еще не завершена.

«Рудник 3» имеет наименьшую площадь нарушенных земель из исследуемых объек-

тов. Тем не менее на участке работ образован провал площадью 0,1 га. Анализ технического проекта по разработке месторождения показал, что рекультивация нарушенных земель в нем рассмотрена лишь номинально, поскольку этого требует нормативная документация. Нет конкретных решений по ликвидации провалов и восстановлению нарушенной территории.

Руководство рудника организовало наблюдение за провалом, но мероприятия по его ликвидации не разрабатываются.

В проектной документации по предприятию «Рудник 4» имеется экологическая характеристика объекта, а также результаты оценки его воздействия на окружающую среду, но отсутствует описание мероприятий по этапам и направлениям рекультивации нарушенных земель, также не описаны способы, технология и параметры горнотехнических работ по восстановлению поверхности.



Рис. 4. Космоснимок нарушенных земель («Рудник 2»)
Fig. 4. Satellite image of disturbed lands ("Rudnik 2")



Усредненная структура нарушенных земель по исследуемым предприятиям представлена на рис. 5.

Установленная структура нарушенных земель при подземной разработке рудных месторождений существенно отличается от таковой при открытых горных работах. Как следует из диаграммы (см. рис. 5), большую часть нарушенных земель при подземной разработке занимают бытовые комплексы и промплощадки. В целом же количество нарушенных земель при подземной добыче руды существенно меньше, чем при использовании карьеров, однако степень воздействия на окружающую среду также остается достаточно высокой.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ четырех проектов подземной разработки рудных месторождений выявил отсутствие в них детального прогнозирования воздействия горных работ на земельные ресурсы и конкретных технологических решений по рекультивации нарушенных площадей с указанием объемов земляных работ, плана их выполнения, используемого оборудования и рекомендуемых технологических схем восстановления поверхности. При этом фактические площади нарушенных

земель на исследуемых объектах значительно отличаются от установленных проектных значений.

С целью сопоставления степени воздействия горных работ на земельные ресурсы при подземной и открытой разработке рудных месторождений был сделан анализ проектной документации 10 небольших карьеров, расположенных в Восточно-Сибирском и Дальневосточном федеральных округах. Производственная мощность этих карьеров составляет от 30 до 1000 тыс. т в год, глубина – до 170 м, площади нарушенных земель – от 34 до 2800 га.

Площади нарушаемых земель при открытых горных работах, как правило, растут с увеличением производственной мощности карьера, чего не отмечается при подземной разработке рудных месторождений (см. таблицу). Удельная землеемкость горных работ (соотношение площади нарушенных земель к объему добываемой руды, $\text{м}^2/\text{т}$) при открытой разработке анализируемых объектов значительно больше, чем при подземной (соответственно 2–3,1 против 0,08–2,4 $\text{м}^2/\text{т}$). При этом с уменьшением сроков разработки месторождения и увеличением глубины карьера удельная землеемкость открытых горных работ возрастает. При подземной разработке такой зависимости не наблюдается.

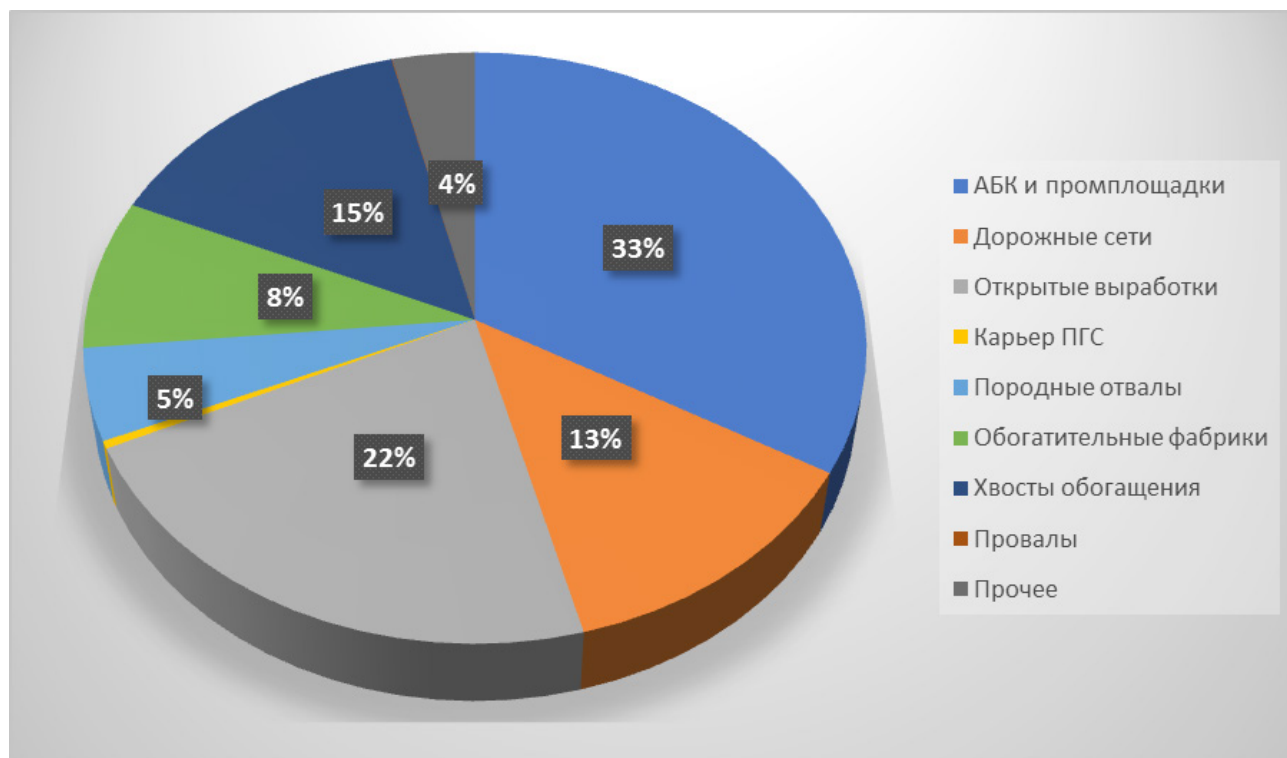


Рис. 5. Усредненная структура нарушенных земель по исследуемым предприятиям
Fig. 5. Average structure of disturbed lands by the studied enterprises



Заключение

На основе проведенного исследования можно сделать вывод о том, что при разработке месторождений подземным способом площадь нарушенных земель измеряется десятками гектаров, существенно изменяется ландшафт местности, из-за отсутствия достаточного количества рыхлых отложений (потенциально плодородных земель) усложняется процесс рекультивации. Вопросы восстановления нарушенных земель в анализируемой проектной документации по подземной разработке рудных месторождений рассмотрены весьма поверхностно, без установления

характера и площади нарушений, обоснования направлений, объемов, сроков и технологии рекультивации. Многие виды техногенного воздействия подземных горных работ на земельные ресурсы в проектной документации вообще не упоминаются (в том числе провалы), и какие-либо решения по их устранению не принимаются. С целью более полной оценки землеемкости подземных разработок рудных месторождений необходимо продолжить изучение проектной документации, расширить объем полевых исследований, обратив особое внимание на нарушенные участки, не упомянутые в проектах.

Список источников

1. Зеньков И.В., Морин А.С., Рагозина М.А., Анищенко Ю.А., Жукова В.В. Результаты исследования лесной рекультивации с посадкой ели сибирской на породных отвалах угольного разреза «Бородинский» // Уголь. 2019. № 2. С. 81–84. <https://doi.org/10.18796/0041-5790-2019-2-81-84>. EDN: YVOVSP.
2. Баянова А.А. Мониторинг восстановления нарушенных земель в Иркутской области // Астраханский вестник экологического образования. 2018. № 2. С. 95–99. EDN: YWQMFT.
3. Корнилов С.В., Антонинова Н.Ю., Шубина Л.А., Славиковская Ю.О. Экологические аспекты выбора направления рекультивации при отработке месторождений полезных ископаемых // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2021. № 5-2. С. 218–230. https://doi.org/10.25018/0236_14_93_2021_52_0_218. EDN: TUVOLP.
4. Лубенская Н.А., Чмыхалова С.В., Гришин В.Ю. Предпосылки для формирования и развития рынка услуг по рекультивации нарушенных земель // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2021. № 10-1. С. 88–100. https://doi.org/10.25018/0236_1493_2021_101_0_88. EDN: WUDIXP.
5. Гуман О.М., Макаров А.Б., Гревцев Н.В., Вегнер-Козлова Е.О. Особенности инженерно-экологических исследований для рекультивации нарушенных земель в горнодобывающих регионах // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2020. № 2. С. 68–76. <https://doi.org/10.21440/0536-1028-2020-2-68-76>. EDN: EQPICI.
6. Азизхонов И.М., Тальгамер Б.Л., Усмонов Н.К. Оценка способов и результатов опробования эфелей и отвалов на рудном месторождении // Науки о Земле и недропользование. 2022. Т. 45. № 1. С. 80–89. <https://doi.org/10.21285/2686-9993-2022-45-1-80-89>. EDN: CRGOUU.
7. Колопац С.К. Природоохранные аспекты закрытия шахт за рубежом // Вісник Дніпропетровського університету. Серія: геологія. географія. 2016. Т. 24. № 2. С. 47–54. <https://doi.org/10.15421/111632>.
8. Игнатьева М.Н., Юрак В.В., Душин А.В. Правовое регулирование рекультивационных работ при недропользовании: международный обзор // ЭКО. 2021. № 12. С. 140–160. <https://doi.org/10.30680/ECO0131-7652-2021-12-140-160>. EDN: CZXFDR.
9. Цешковская Е.А., Голубева Е.И., Цой Н.К., Оралова А.Т., Матонин В.В. Геоэкологические аспекты рекультивации нарушенных земель в Карагандинской области (республика Казахстан) // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2019. № 4. С. 73–80. EDN: ZQEUAD.
10. Петин А.Н., Толстомятова О.С., Петина М.А. Проблемы рекультивации земель, нарушенных горнодобывающим комплексом: российский и зарубежный опыт // Sciences of Europe. 2017. № 13-1. С. 28–31. EDN: YKVOTL.
11. Бобко К.И., Петрова Т.В. Механизмы обеспечения и контроля проведения рекультивации в разрезе мирового опыта // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2015. № 3. С. 271–280. EDN: TJYGGP.
12. Игнатченко П.П., Сальникова Ю.М. Сравнение зарубежного и отечественного опыта рекультивации нарушенных земель. Восстановление нарушенных земель в Ленинградской области // Естественные науки: актуальные вопросы и социальные вызовы: материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. (г. Астрахань, 26 ноября 2021 г.). Астрахань, 2021. С. 83–87.
13. Тальгамер Б.Л., Мурзин Н.В., Рославцева Ю.Г., Семенов М.Е. Обоснование углов выполаживания нарушенных земель при природоохранной рекультивации карьеров в рыхлых отложениях // Горный информационно-



аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2021. № 3. С. 128–141. <https://doi.org/10.25018/0236-1493-2021-3-0-128-141>. EDN: ANAGBA.

14. Тальгамер Б.Л., Галайда К.П. Исследование условий самозарастания нарушенных земель при добыче строительного камня // Геонауки – 2020: материалы Междунар. науч.-техн. конф. (г. Иркутск, 21–25 мая 2020 г.). Иркутск, 2020. Т. 20. С. 172–178. EDN: NUIVFD.

15. Овешников Ю.М., Рязанцев С.С. Рациональное использование земельных отвалов путем оптимизации параметров отвалообразования на рудных карьерах // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2011. № 4. С. 97–101. EDN: ONBMBX.

16. Андроханов В.А., Берлякова О.Г. Состояние лесных культур и почвенного покрова на рекультивируемом отвале угольного разреза // Сибирский лесной журнал. 2016. № 2. С. 22–31. <https://doi.org/10.15372/SJFS20160202>. EDN: VXVYRD.

17. Pratiwi P., Narendra B.H., Siregar C.A., Turjaman M., Hidayat A., Rachmat H.H., et. al. Managing and reforesting degraded post-mining landscape in Indonesia: a review // Land. 2021. Vol. 10. Iss. 6. P. 658. <https://doi.org/10.3390/land10060658>.

18. Tymchuk I., Malovanyy M., Shkivirko O., Chornomaz N., Popovych O., Grechanik R., et al. Review of the global experience in reclamation of disturbed lands // Ecological Engineering & Environmental Technology. 2021. Iss. 22. P. 24–30. <https://doi.org/10.12912/27197050/132097>.

19. Cheng L., Skousen J.G. Comparison of international mine reclamation bonding systems with recommendations for China // International Journal of Coal Science & Technology. 2017. Vol. 4. P. 67–79. <https://doi.org/10.1007/s40789-017-0164-3>.

20. Malieiev Y.V. Modern methods of reclamation of disturbed land landscape in terms of open-pit mining of horizontal deposits // Геотехнічна механіка. 2017. № 132. С. 1–8.

References

1. Zenkov I.V., Morin A.S., Ragozina M.A., Anishenko Yu.A., Zhukova V.V. The results of the study of forest recultivation with the planting of Siberian spruce on the rock dumps of the “Borodinskiy” open-pit mine. *Ugol*. 2019;2:81-84. (In Russ.). <https://doi.org/10.18796/0041-5790-2019-2-81-84>. EDN: YVOVSP.

2. Bayanova A.A. Monitoring of recovery of disturbed land in the Irkutsk region. *Astrakhanskii vestnik ehkologicheskogo obrazovaniya = Astrakhan Bulletin of Ecological Education*. 2018;2:95-99. (In Russ.). EDN: YWQMFT.

3. Kornilov S.V., Antoninova N.Yu., Shubina L.A., Slavikovskaya Yu.O. Ecological aspects of choosing a recultivation scenario in mineral mining. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten' (nauchno-tehnicheskii zhurnal) = Mining Informational and Analytical Bulletin (Scientific and Technical Journal)*. 2021;5:218-230. (In Russ.). https://doi.org/10.25018/0236_1493_2021_52_0_218. EDN: TUVOLP.

4. Lubenskaya N.A., Chmychalova S.V., Grishin V.YU. Preconditions for the formation and development of the market for services for the remediation of disturbed lands. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten' (nauchno-tehnicheskii zhurnal) = Mining Informational and Analytical Bulletin (Scientific and Technical Journal)*. 2021;10:88-100. (In Russ.). https://doi.org/10.25018/0236_1493_2021_101_0_88. EDN: WUDIXP.

5. Guman O.M., Makarov A.B., Grevtsev N.V., Vegner-Kozlova E.O. Features of engineering and environmental research for disturbed lands restoration in mining regions. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal = Minerals and Mining Engineering*. 2020;2:68-76. (In Russ.). <https://doi.org/10.21440/0536-1028-2020-2-68-76>. EDN: EQPICl.

6. Azizkhonov I.M., Talgamer B.L., Usmonov N.K. Evaluation of methods and results of dredging waste and dump sampling at ore deposit. *Nauki o Zemle i nedropol'zovanie = Earth sciences and subsoil use*. 2022;45(1):80-89. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2686-9993-2022-45-1-80-89>. EDN: CRGOUU.

7. Kolopats S.K. Environmental aspects of mine closures abroad. *Vestnik Dnepropetrovskogo universiteta. Seriya: geologiya, geografiya = Dnipropetrovsk University Bulletin. Series: geology, geography*. 2016;24(2):47-54. (In Russ.). <https://doi.org/10.15421/111632>.

8. Ignatyeva M.N., Yurak V.V., Dushin A.V. Legislation on subsoil recultivation following the use of subsurface resources: an international review. *EKO = ECO*. 2021;12:140-160. (In Russ.). <https://doi.org/10.30680/ECO0131-7652-2021-12-140-160>. EDN: CZXFDR.

9. Tsheshkovskaya Ye.A., Golubeva E.I., Tsoy N.K., Oralova A.T., Matonin V.V. Geoecological aspects of disturbed lands reclamation in the Karaganda region (the republic of Kazakhstan). *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5. Geografiya = Lomonosov Geography Journal*. 2019;4:73-80. (In Russ.). EDN: ZQEUAD.

10. Petin A.N., Tolstopyatova O.S., Petina M.A. Problems of reclamation of lands disturbed by mining complex, the Russian and foreign experience. *Sciences of Europe*. 2017;13:28-31. (In Russ.). EDN: YKVOTL.



11. Bobko K.I., Petrova T.V. Mechanisms of land reclamation implementation and control in the world experience. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten' (nauchno-tekhnicheskii zhurnal) = Mining Informational and Analytical Bulletin (Scientific and Technical Journal)*. 2015;3:271-280. (In Russ.). EDN: TJYGGP.
12. Ignatchenko P.P., Salnikova Ju.M. Comparison of foreign and domestic experience of recultivation of disturbed lands. Restoration of disturbed lands in the Leningrad region. In: *Estestvennye nauki: aktual'nye voprosy i sotsial'nye vyzovy: materialy IV Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. = Natural sciences: current issues and social challenges: materials of the 4th International scientific and practical conference*. 26 November 2021, Astrakhan. Astrakhan; 2021, p. 83-87. (In Russ.).
13. Talgamer B.L., Murzin N.V., Roslavtseva YU.G., Semenov M.E. Cutback angles for slope flattening during rehabilitation of degraded landscape due to open pit mining in friable sediments. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten' (nauchno-tekhnicheskii zhurnal) = Mining Informational and Analytical Bulletin (Scientific and Technical Journal)*. 2021;3:128-141. (In Russ.). <https://doi.org/10.25018/0236-1493-2021-3-0-128-141>. EDN: ANAGBA.
14. Talgamer B.L., Galayda K.P. Study of self-organized vegetation conditions of disturbed lands under building stone mining. In: *Geonauki – 2020: materialy Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. = Geosciences – 2020: materials of the International scientific and technical conference*. 21–25 May 2020, Irkutsk. Irkutsk; 2020, vol. 20, p. 172-178. EDN: NUIVFD.
15. Oveshnikov YU.M., Ryazantsev S.S. Rational use of land allotments by optimizing dumping parameters in ore quarries. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten' (nauchno-tekhnicheskii zhurnal) = Mining Informational and Analytical Bulletin (Scientific and Technical Journal)*. 2011;4:97-101. EDN: ONBMBX.
16. Androkhanov V.A., Berlyakova O.G. Condition of forest crops and soil cover at reclaimed dump of coal mine. *Sibirskii lesnoi zhurnal = Siberian Journal of Forest Science*. 2016;2:22-31. (In Russ.). <https://doi.org/10.15372/SJFS20160202>. EDN: VXVYRD.
17. Pratiwi P., Narendra B.H., Siregar C.A., Turjaman M., Hidayat A., Rachmat H.H., et. al. Managing and reforesting degraded post-mining landscape in Indonesia: a review. *Land*. 2021;10(6):658. <https://doi.org/10.3390/land10060658>.
18. Tymchuk I., Malovanyy M., Shkivirko O., Chornomaz N., Popovych O., Grechanik R., et al. Review of the global experience in reclamation of disturbed lands. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2021;22:24-30. <https://doi.org/10.12912/27197050/132097>.
19. Cheng L., Skousen J.G. Comparison of international mine reclamation bonding systems with recommendations for China. *International Journal of Coal Science & Technology*. 2017;4:67-79. <https://doi.org/10.1007/s40789-017-0164-3>.
20. Malieiev Y.V. Modern methods of reclamation of disturbed land landscape in terms of open-pit mining of horizontal deposits. *Geotekhnicheskaya mekhanika*. 2017;132:1-8.

Информация об авторах / Information about the authors



Иванов Евгений Александрович,
аспирант,
Институт недропользования,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
г. Иркутск, Россия,
✉ ugienjohnn@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0009-6401-3357>

Evgeny A. Ivanov,
Postgraduate Student,
Institute of Subsoil Use,
Irkutsk National Research Technical University,
Irkutsk, Russia,
✉ ugienjohnn@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0009-6401-3357>



Тальгамер Борис Леонидович,
доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой разработки месторождений полезных ископаемых,
Институт недропользования,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
г. Иркутск, Россия,
✉ go_gor@istu.edu
<https://orcid.org/0000-0003-1413-0116>

**Boris L. Talgamer,**

Dr. Sci. (Eng.), Professor,

Head of the Department of Mineral Deposit Development,

Institute of Subsoil Use,

Irkutsk National Research Technical University,

Irkutsk, Russia,

go_gor@istu.edu

<https://orcid.org/0000-0003-1413-0116>**Вклад авторов / Contribution of the authors**

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

The authors contributed equally to this article.

Конфликт интересов / Conflict of interests

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

*Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.**The final manuscript has been read and approved by all the co-authors.***Информация о статье / Information about the article**

Статья поступила в редакцию 28.09.2023; одобрена после рецензирования 16.10.2023; принята к публикации 19.11.2023.

The article was submitted 28.09.2023; approved after reviewing 16.10.2023; accepted for publication 19.11.2023.