

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ЕСТЕСТВЕННОГО ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ В РАЙОНАХ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ «КЕДРОВОЕ»

Н. Ю. Антонинова, А. С. Чепуштанова, В. А. Самигуллина, Д. Е. Гречев

¹Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург, Россия, office@ursmu.ru

Аннотация: Значительная часть земель Свердловской области представлена землями лесного фонда, часть которых нарушена и подлежит восстановлению, особенно в промышленных районах. Наиболее значимым природным компонентом для восстановления нарушенных земель является почвенный покров, представляющий полифункциональную и поликомпонентную среду для формирования биологических сообществ, и во многом зависит от таких факторов, как: географическая распространённость, почвообразующие породы, климат, период формирования почвенного покрова. По данным изысканий, проведенных на месторождении полевошпатового сырья «Кедровое» выявлены типы почв, которые подвержены техногенной нагрузке в районе размещения месторождения: дерново-подзолистые и болотные торфяные почвы. Данные типы почв обладают оптимальными условиями для хвойно-лиственных фитоценозов. Использование плодородного и потенциально плодородного слоя почвы, снятого при отработке месторождения, является важнейшим шагом биологического этапа рекультивации – естественного лесовосстановления. Качественная оценка почвы, в зависимости от выбранного направления рекультивации, представляется морфологическими, физико-химическими и биологическими особенностями. На основании проведенных исследований выявлена значимость мероприятий по минимизации техногенной нагрузки на почвенный покров в районах размещения отвалов вскрышных пород и показаны оптимальные условия естественного лесовосстановления путем организации «точек роста» с целью формирования первичных растительных группировок.

Ключевые слова: дерново-подзолистые почвы, болотные торфяные почвы, лесовосстановление, рекультивация, вскрышная порода, месторождения полезных ископаемых, самозарастание.

Благодарности: Исследование подготовлено в соответствии с государственным заданием ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет» № 0833-2020-0008 «Разработка и эколого-экономическое обоснование технологии рекультивации нарушенных горно-металлургическим комплексом земель на основе мелиорантов и удобрений нового типа» и выполнено совместно с сотрудниками Центра коллективного пользования (ЦКП) с использованием фондов Центра коллективного пользования научным оборудованием ФНЦ БСТ РАН (№ Росс RU.0001.21 ПФ59, Единый российский реестр центров коллективного пользования – <http://www.ckp-rf.ru/ckp/77384>).

Для цитирования: Н. Ю. Антонинова, А. С. Чепуштанова, В. А. Самигуллина, Д. Е. Гречев. Оценка эффективности процесса естественного лесовосстановления в районах функционирования горнодобывающих предприятий на примере месторождения «Кедровое» // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2022. – № 11-1. – С. 29–39. DOI: 10.25018/0236_1493_2022_111_0_29.

Evaluation of the efficiency of the of natural forest restoration in the areas of functioning of mining enterprises on the example of the «Kedrovoe» deposit

N. Yu. Antoninova¹, A. S. Chepushtanova¹, V. A. Samigullina¹, D. E. Grevtsev¹

¹ Ural State Mining University, Yekaterinburg, Russia

Abstract: A significant part of the lands of the Sverdlovsk region is represented by forest lands, some of which have been violated and are subject to restoration, especially in industrial areas. The most significant natural component for the restoration of disturbed lands is the soil cover, which is a multifunctional and multicomponent environment for the formation of biological communities, and largely depends on factors such as geographical distribution, soil-forming rocks, climate, the period of formation of the soil cover. According to the surveys conducted at the field of feldspar raw materials "Kedrovoye", the types of soils that are subject to man-made load in the area of the deposit location were identified: sod-podzolic and swamp peat soils. These types of soils have optimal conditions for coniferous deciduous phytocenoses. The use of a fertile and potentially fertile soil layer removed during the development of the deposit is the most important step of the biological stage of reclamation – natural reforestation. Qualitative assessment of the soil, depending on the chosen direction of reclamation, is represented by morphological, physico-chemical, and biological features. Based on the conducted research, the importance of measures to minimize the anthropogenic load on the soil cover in the areas of overburden dumps is revealed and optimal conditions for natural reforestation are shown by organizing "growth points" in order to form primary plant groupings.

Key words: sod-podzolic soils, swamp peat soils, reforestation, reclamation, overburden, mineral deposits, self-overgrowth.

Acknowledgements: The study was prepared in accordance with the state task of the Ural State Mining University No. 0833-2020-0008 «Development and ecological and economic justification of the technology of reclamation of lands disturbed by the mining and metallurgical complex on the basis of meliorants and fertilizers of a new type» and was carried out jointly with the staff of the Center for Collective Use (CCP) using the funds of the Center for Collective Use of scientific equipment of the Federal Research Center of the BST RAS (No Ross RU.0001.21 PF59, Unified Russian Register of Collective Use Centers – <http://www.ckp-rf.ru/ckp/77384>).

For citation: N. Yu. Antoninova, A. S. Chepushtanova , V. A. Samigullina, D. E. Grevtsev Evaluation of the efficiency of the of natural forest restoration in the areas of functioning of mining enterprises on the example of the «Kedrovoe» deposit. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2022;(11-1):29–39. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236_1493_2022_111_0_29.

Введение

Развитие горнoprомышленного комплекса неизбежно сопровождается техногенной трансформацией природных экосистем [1–3].

В процессе подготовки земельного участка к освоению сводится растительность, снимается плодородный и потенциальный плодородный слой в целях использования его для дальнейшей рекультивации. Плодородным

слоем, согласно нормативной документации, называется верхняя гумусированная часть почвенного профиля, обладающая благоприятными для роста растений химическими, физическими и биологическими свойствами, а потенциально плодородным – горные породы, обладающие ограниченно благоприятными для роста растений физическими и (или) химическими свойствами. Выбор направления

рекультивации достаточно ответственный процесс и зависит в основном от направления целевого использования земельных ресурсов и от используемых технологий при добыче полезных ископаемых [4–10]. Рекультивация может проводиться в таких направлениях, как сельскохозяйственное, водохозяйственное, рекреационное, природоохранное, строительное, санитарно-гигиеническое и лесохозяйственное.

Однако наиболее важным этапом является оценка успешности развития биологических растительных ресурсов на рекультивируемых территориях. Особенности развития растительности на разных этапах рекультивации существенно отличаются, так как процесс восстановления требует времени, достаточного для развития и стабилизации процесса [11–15].

Объект исследований

Одним из регионов РФ с развитым горнодобывающим комплексом является Свердловская область. Особенностью области является неоднородность почвенного покрова. Выделено 35 генетических типов почв: от горно-тундровых и подзолистых на севере области до черноземов и черноземно-луговых на юге. Преобладают подзолистые и дерново-подзолистые почвы (33,2% всего почвенного покрова), темно-серые почвы распространены на 20% территории. Серые и светло-серые почвы занимают 13,1%. Черноземы встречаются небольшими массивами на юге и юго-западе области. В горной части распространены горно-таежные и горно-тундровые почвы. Согласно лесному плану Свердловской области на 2019–2028 годы более 80% земель области покрыто лесами. Все леса и предоставленные для ведения лесного хозяйства земли образуют лесной фонд. Границы лесного фонда опреде-

ляются путем ограничения земель лесного фонда от земель иных категорий в соответствии с материалами лесоустройства и землеустройства.

Общая площадь лесов на территории Свердловской области на 01.01.2018 года – 16 047,7 тыс. га. На землях лесного фонда 15 191,1 тыс. га, что составляет 94,8% от общей площади лесов. Вообще земли лесного фонда – самая большая по площади категория земель Российской Федерации. На землях особо охраняемых территорий – 163,0 тыс. га – 1% от общей площади. На землях населенных пунктов 180,9 тыс. га – 1,1% от общей площади. Сосняки произрастают на 33,8% площади и составляют по запасу 36,5%, ельники занимают 16,3% площади с долей запаса насаждений 15,1%. Кедровые, пихтовые насаждения соответственно занимают 5,7% и 1,4% площади с долей запасов 7,7% и 1,5%. Насаждения осины, ольхи серой и липы в целом составляют 7,4% от общей площади лесов.

По целевому назначению леса Свердловской области делятся на защитные и эксплуатационные. Площадь защитных лесов на землях лесного фонда составляет 3 352,8 тыс. га (22%), эксплуатационных – 11 838,2 тыс. га (88%).

Основными нормативными актами, регулирующими отношения по режиму использования лесного фонда и его земель, являются Земельный кодекс Российской Федерации и Лесной кодекс Российской Федерации. В соответствии со ст. 101 ЗК РФ и со ст. 6.1 ЛК РФ к землям лесного фонда относятся лесные земли и нелесные земли (земли, покрытые лесной растительностью и не покрытые ею, но предназначенные для ее восстановления, – вырубки, гари, редины, прогалины и другие) и предназначенные для веде-

ния лесного хозяйства нелесные земли (просеки, дороги, болота и другие).

Однако, согласно ранее изложенному, в районах крупных промузлов на состояние лесов оказывает влияние ряд неблагоприятных факторов, включаяющих техногенное воздействие при разработке месторождений полезных ископаемых.

АО «Малышевское рудоуправление» — одно из старейших в России предприятий по добыче и переработке руд с получением концентратов, применяемых в различных отраслях промышленности, в настоящее время отрабатывает месторождение полевошпатового сырья «Кедровое» открытым способом. К полевошпатовому сырью относятся генетически и пространственно связанные между собой пегматиты, аплиты и пегматоидные граниты, объединенные в единую рудную залежь. Руды месторождения представлены гидротермально-метасоматическими измененными микроклин-альбитовыми пегматитами с прожилками, линзами и жилами аплита и ксенолитами биотит-

мусковитовых гранитов переменного состава, пегматоидных мусковитовых гранитов и плагиогнейсов биотитовых. Наиболее распространенные минералы руд: альбит, микроклин, кварц. К мало-распространенным относятся биотит, гранат, оксиды и гидрооксиды железа, карбонаты.

Основной товарной продукцией являются полевошпатовые руды (по сортам: граниты, пегматиты, окисленные руды), дающие полевошпатовый концентрат. В качестве попутной продукции получают слюдяной и кварцевый концентраты.

Методы

По почвенно-географическому районированию Свердловской области исследуемая территория расположена в восточной части Березовского почвенного района Екатеринбургского округа Зауральской южнотаежной почвенной провинции [16]. Непосредственно в границах участка отрабатываемого месторождения в период изысканий было встречено два типа почв:

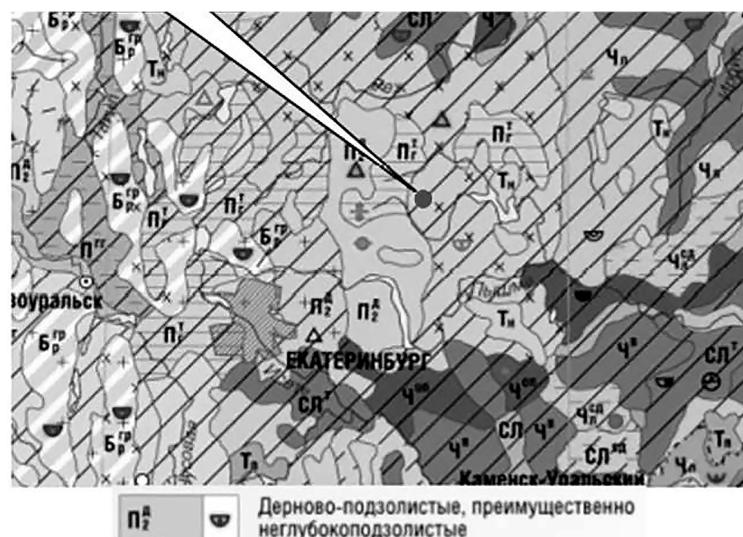


Рис. 1. Выкопировка из почвенной карты Свердловской области
Fig. 1. Copy from the soil map of the Sverdlovsk region

1) дерново-подзолистые почвы; распространены в преобладающей части участка изысканий;

2) болотные торфяные почвы, встречены в северной части участка изысканий, на трассе проектируемого трубопровода дренажных и сточных вод.

Исследуемый район в соответствии с почвенной картой Свердловской области расположен в зоне развития дерново-подзолистых, преимущественно неглубоко подзолистых почв, рис. 1.

Дерново-подзолистые почвы по содержанию гумуса почвы средне- и высокогумусные, с содержанием органического вещества 2,18–19,62%. Подстилающие грунты характеризуются резким снижением содержания органического вещества до значений 0,56–2,09%. По значению pH водной вытяжки, определяющей актуальную кислотность почв, в районе месторождения почвы характеризуются слабокислой-околонейтральной реакцией с pH 4,69–6,28, pH_{sol} составило 3,0–4,8, что свидетельствует об отнесении почвы к категории кислой. По степени засоленности исследуемые почвы можно отнести к незасоленным, величина D_{sol} составляет 0,23–0,49% (менее 0,50%). Содержание суммы токсичных солей в водной вытяжке изменяется в пределах 0,0014–0,016%. По гранулометрическому составу исследуемые почвы представлены преимущественно суглинками средними и легкими (согласно классификации гранулометрического состава по В. В. Охотину). Согласно данным проведенных инженерно-экологических изысканий гумусовый горизонт дерново-подзолистых почв по определяемым показателям при низких значениях pH водной вытяжки не может быть отнесен к плодородному слою почв.

Болотные торфяные почвы по содержанию гумуса почвы высокогумусные,

с содержанием органического вещества 26,22%. Подстилающие грунты характеризуются резким снижением содержания органического вещества до значений 2,71%. По значению pH водной вытяжки в районе участка изысканий почвы характеризуются кислой реакцией с pH 4,07, pH_{sol} 3,1–4,2. По степени засоленности исследуемый почвы можно отнести к незасоленным, величина D_{sol} составляет 0,46% (менее 0,50%). Содержание суммы токсичных солей в водной вытяжке 0,019%. Согласно данным проведенных инженерно-экологических изысканий непосредственно в пределах участка преимущественным распространением пользуются торфяные болотные почвы, отнесенные к опасной категории загрязнения. Торфяной горизонт болотных почв по определяемым показателям при низких значениях pH водной вытяжки не может быть отнесен к плодородному слою почв.

Породы рудного поля месторождения представлены рыхлыми грунтами четвертичного возраста, дисперсными грунтами кор выветривания позднемезозойско-раннепалеогенового возраста и скальными образованиями рифейско-позднепалеозойского возраста. Рыхлые отложения сложены супесями, суглинками и дресвеяно-щебнистыми отложениями нижележащих пород. Дисперсные грунты представлены глинисто-дресвеяно-щебнистыми, дресвеяно-супесчаными, щебнистыми образованиями коры выветривания. К скальным грунтам относятся коренные породы, представленные граниами, пегматитами, аplitами, плагиогнейсами.

По механическому составу грунты отвала вскрытых пород по обобщенной пробе представлены супесью. По значению pH солевой вытяжки, определяющей потенциальную, обменную



Рис. 2. Ситуационный план
Fig. 2. Situation plan

кислотность, грунты участка изысканий характеризуются кислой реакцией с рНсол 5,2. Грунты отвала вскрышных пород по ГОСТ 17.5.1.03–85 соответствуют потенциально-плодородному слою. По результатам лабораторных испытаний на тест-объектах грунты отнесены к V классу опасности.

Описание планируемых работ

При отработке месторождения почвенный покров будет снят и перемещен на склад плодородного слоя, далее сформирован техногенный ландшафт, включающий карьерную выемку и отвалы вскрышных пород (два отвала скальной вскрыши и один отвал рыхлых вскрышных пород). Плодородный слой почвы (ПСП) объемом 58,9 тыс. м³ предусматривается складировать в два временных склада.

По схеме лесорастительного районирования Свердловской области (Колесников, 1969) рассматриваемая территория относится к южнотаежному лесорастительному округу Зауральской холмисто-предгорной провинции лесов Уральской горно-лесной области.

По данным проведённых ООО «Уралгеопроект» (г. Екатеринбург) изысканий отрабатываемый участок

расположен в границах Асбестовского участкового лесничества ГКУ СО «Сухоложское лесничество» – эксплуатационные леса (рис. 2).

Преобладающие породы: С (сосна), по группам возрастов выделены молодняки, спелые и перестойные, Б (береза), по группам возрастов выделены молодняки, спелые и перестойные, встречается осина (Ос). Возраст 60–100 лет, бонитет 2–4, полнота 0,6–0,7. Леса на участке проектируемого объекта представлены сосной и березой со средними размерами: высота – 25 м, диаметр 0,27 м, расстояние между деревьями – 5 м (густой лес), количество деревьев на га – 400 шт. Зональная растительность представлена преимущественно хвойными породами, смешанными хвойно-лиственными, березово-светлохвойными кустарничково-травяно-зеленомошными разреженными высоко- и среднебонитетными (II-IV). С восточной стороны к участку примыкают леса, которые по своему целевому назначению отнесены к защитным, т. е. леса, расположенные в лесопарковых зонах. Следовательно, очень важно минимизировать пылевую нагрузку на окружающую среду, которая формируется в процессе

отработки месторождения уже на этапе отвалообразования. Одно из таких мероприятий – лесовосстановление.

Главным условием лесовосстановления является создание оптимальных лесорастительных условий для формирования древесных насаждений, так как возобновление леса начинается с восстановления древесной растительности. Лесовосстановление бывает естественным, искусственным и комбинированным. По мнению многих ученых как в России, так и за рубежом естественному возобновлению стоит отдавать предпочтение, а искусственное проводить в случае невозможности обеспечения лесовосстановления естественным путем [17–23].

Обсуждение результатов

Одним из условий успешности естественного лесовосстановления являются физико-химические свойства грунтов, в нашем случае породы вскрыши представлены инертным материалом, и при взаимодействии с атмосферными осадками не образуют вредных химических соединений, а также равнинно-волнистый рельеф, наиболее благоприятный для закрепления семян и последующего произрастания древесно-кустарниковой растительности, что достигается грубой планировкой. Практическое отсутствие непригодных пород в отвалах определяет возможность их биологического освоения, как при активной рекультивации, так и при самозащите таких территорий. Кроме того, возможность естественного лесовосстановления определяет расположение рудника среди естественных лесных массивов, так как важнейшим условием этого является наличие и близость источников обсеменения.

Как показывают результаты исследований, лесовосстановление (укоренение и прорастание семян) на карьерных

уступах и на склонах старогодних отвалов, имеющих более неровную поверхность, происходит значительно быстрее, чем на плато. Доказательством перспективности процесса естественного лесовосстановления нарушенных земель служат отвалы Асбестовского рудника (г. Асбест), на склонах которых естественным путем, особенно в его верхней части, сформировалось смешанное хвойно-лиственное насаждение, явно предохраняющее отвал от эрозии [19].

Кроме того, наличие достаточного объема плодородного слоя позволяет организовать «точки роста» в окраинных частях отвалов, что позволит запустить процесс естественного лесовосстановления на склоновых поверхностях уже на этапе отработки месторождения.

Заключение

Таким образом, главными факторами, определяющими успешность естественного лесовосстановления являются:

- расположение карьера и объектов инфраструктуры в окружении лесных массивов Сухоложского лесничества. Отвалы вскрышных пород вплотную примыкают к естественным лесным массивам, что определяет возможность начала самозащеты уже на этапах формирования отвалов;

- относительно благоприятный химический состав пород вскрыши, причем биологическая активность техногенных грунтов будет возрастать при поселении биологических растительных ресурсов; – возможность естественного лесовосстановления доказана для данной природной зоны.

Кроме того, наличие почвенного слоя на складах предприятия позволит организовать «точки роста» с целью формирования первичных растительных группировок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ляшенко В. И., Воробьев А. Е., Хоменко О. Е., Дудар Т. В. Развитие технологий и технических средств для снижения воздействия на окружающую среду в зоне влияния хвостохранилища // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова. – 2022. – Т. 20. – № 1. – С. 25–41.
2. Пашкевич М. А., Матвеева В. А., Данилов А. С. Исследование миграции загрязняющих веществ с территорий техногенных массивов Кольского полуострова // Горный журнал. – 2019. – № 1. – С. 17–21. DOI 10.17580/gzh.2019.01.04.
3. Semyachkov A. I., Slawikowskaja Y. O., Pochechun, V. A. Methodological features of the assessment of economic damage from adverse environmental consequences in conditions of territories with a developed mining complex // Ecology and Industry of Russia, – 2018. – 22 (4), – pp. 46–51. DOI: 10.18412/1816-0395-2018-4-46–51.
4. Игнатьева М. Н. Восстановление нарушенных земель: выявленные тенденции / Игнатьева М. Н., Стровский В. Е., Юрак В. В., Иванов А. Н. // Экология и промышленность России. – 2021. – Т. 25. – № 8. – С. 54–59. DOI: 10.18412/1816-0395-2021-8-54–59.
5. Корнилков 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. DOI: 10.25018/0236_1493_2021_52_0_218.
6. Корнилков С. В., Антонинова Н. Ю., Шубина Л. А., Собенин А. В. К вопросу об экологической реабилитации природной экосистемы, нарушенной при отработке Колыванского месторождения // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2020. – № 3–1. – С. 465–474. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-31-0-465–474.
7. Danilov A., Matveeva V., Horttanainen M. Backfill of a mined-out gold ore deposit with the cemented rubber-cord and waste rock paste: environmental changes in aqueous media. // Journal of Ecological Engineering. – 2021. – Т. 22. – № 7. – С. 190–203. DOI: 10.12911/22998993/138870.
8. Lebedev Y. V., Kovalev R. N., Kokarev K. V. Interdisciplinary Approach to the Analysis of Subsoil Use Systems (2019) // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 272 (2), статья № 022049, DOI: 10.1088/1755-1315/272/2/022049.
9. Dushin A. V., Ignatyeva M. N., Yurak V. V., Ivanov A. N. Economic evaluation of environmental impact of mining: Ecosystem approach (2020) // Eurasian Mining, 2020 (1), pp. 30–36. DOI: 10.17580/em.2020.01.06.
10. Davydov S. Ya., Valiev N. G., Grevtsev N. V., Oleinikova L. N. Ecology and energy saving at mining enterprises using protective devices (2019) // Sustainable Development of Mountain Territories, 11 (3), pp. 273–283. DOI: 10.21177/1998-4502-2019-11-3-273–283.
11. Xiang Fan, Yanjun Guan, Zhongke Bai, Wei Zhou, Chuxin Zhu. Optimization of Reclamation Measures in a Mining Area by Analysis of Variations in Soil Nutrient Grades under Different Types of Land Usage – A Case Study of Pingshuo Coal Mine, China. Land – 2022. – 11(3), – С. 321 DOI: 10.3390/land11030321.12. Yanjun Guan, Juan Wang, Wei Zhou, Zhongke Bai, Yingui Cao. Identification of land reclamation stages based on succession characteristics of rehabilitated vegetation in the Pingshuo opencast coal mine. // Journal of Environmental Management. – 2022. – V. 305. –114352. DOI: 10.1016/j.jenvman.2021.114352.
13. Etienne M. J. Soulodre, Amalesh Dhar, Anne Naeth M. Plant community development trends on mixed grass prairie wet sites 5 years after reclamation, // Ecological Engineering, – Volume 179, – 2022, – 106635, DOI: 10.1016/j.ecoleng.2022.106635.
14. Hu J., Ye B., Bai Z., Hui J. Comparison of the Vegetation Index of Reclamation Mining Areas Calculated by Multi-Source Remote Sensing Data. Land – 2022. – 11. – P. 325. DOI: 10.3390/land11030325.

15. Lebedeva T. A., Grevtsev N. V., Oleinikova L. N., Stikhin A. A. Forest lands of industrial regions as an object of system monitoring and comprehensive assessment in modern conditions. 2020. // E3S Web of Conferences. 177, 04011. DOI: 10.1051/e3sconf/202017704011.
16. Гафуров Ф. Г. Почвы Свердловской области. Екатеринбург: изд-во Урал. ун-та, – 2008. – С. 396.
17. Темюхин С. В., Павская М. В. Общая оценка естественного лесовозобновления по преобладающим породам, типам леса и типам лесорастительных условий на территории Лисинской части Учебно-опытного лесничества Ленинградской области // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2021. – Вып. 235. – С. 71–83. DOI: 10.21266/2079-4304.2021.235.71-83.
18. Adélia Carla Santos Ornelas, Alexandra Providello, Marcio Roberto Soares, Ricardo Augusto Gorre Viani, Silvicultural intensification has a limited impact on tree growth in forest restoration plantations in croplands. // Forest Ecology and Management, – Volume 503, – 2022, –119795. DOI: 10.1016/j.foreco.2021.119795.
19. Хохряков А. В., Фадеичев А. Ф., Цейтлин Е. М. Применение интегрального показателя при оценке экологической безопасности породного отвала, подвергшегося процессам самозарастания // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2013. – №. 8. – С. 88–92.
20. Semin A. N., Grevtsev N. V., Antoninova N. Y. Developmental features of non-urban areas using local peat resources in a sustainable way. Polish Academy of Sciences (PAN) A Institute of Technology and Life Sciences – National Research Institute (ITP – PIB) // Journal of water and land development. – 138164. – 2021, – No. 50 (VI–IX). – С. 79–84. DOI: 10.24425/jwld.2021.
21. Pelinsom Marques J., Silvestre Rodrigues V. G., Monici Raimondi I. Increase in Pb and Cd Adsorption by the Application of Peat in a Tropical Soil. // Water Air Soil Pollut – 2020. – 231 – 136. DOI: 10.1007/s11270-020-04507-z.
22. Lebedev Y. V., Valiev N. G., Lebedeva T. A., Kokarev K. V. The methodology and system monitoring principles of a comprehensive assessment of forest lands // 7th International Interdisciplinary Scientific Geoconference (SGEM 2017). 29 June – 5 July, – 2017, Bulgaria. Conference proceedings. – Volume 17. – Pp. 991–998. available at: <https://www.sgem.org/sgemlib/spip.php?article10110&lang=en>.
23. Lebedev Y., Kovayzin V., Lebedeva T., Romanchikov A. Value of Forest Ecosystem Natural Potential in the Areal Regional Richness Structure. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – Volume 316. – 012027. – IV scientific-technical conference “Forests of Russia: policy, industry, science and education”. 22–24 May 2019, St. Petersburg, Russia. **ГИАС**

REFERENCES

1. Lyashenko V. I., Vorobyev A. E., Khomenko O. E., Dudar T. V. Development of technologies and technical means to reduce the environmental impact in the area of influence of the tailings dump. Bulletin of Magnitogorsk State Technical University named after G. I. Nosov. 2022. Vol. 20. no. 1. pp. 25–41. [In Russ].
2. Pashkevich M. A., Matveeva V. A., Danilov A. S. Study of the migration of pollutants from the territories of man-made massifs of the Kola peninsula. *Gornyi zhurnal*. 2019. no. 1. pp. 17–1. [In Russ]. DOI 10.17580/gzh.2019.01.04.
3. Semyachkov A. I., Slawikowskaja Y. O., Pochechun, V. A. Methodological features of the assessment of economic damage from adverse environmental consequences in conditions of territories with a developed mining complex. *Ecology and Industry of Russia*, 2018. 22 (4), pp. 46–51. [In Russ]. DOI: 10.18412/1816-0395-2018-4-46–51.
4. Ignatieva M. N., Strovsky V. E., Yurak V. V., Ivanov A. N. Restoration of disturbed lands: identified trends. *Ecology and industry of Russia*. 2021. Vol. 25. no. 8. pp. 54–59. [In Russ]. DOI: 10.18412/1816-0395-2021-8-54–59.

5. Kornilkov S. V., Antoninova N. Yu., Shubina L. A., Slavikovskaya Yu. O. Ecological aspects of choosing the direction of recultivation during mining of mineral deposits. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2021. no. 5–2. pp. 218–230. [In Russ] DOI: 10.25018/0236_1493_2021_52_0_218.
6. Kornilkov S. V., Antoninova N. Yu., Shubina L. A., Sobenin A. V. On the issue of ecological rehabilitation of the natural ecosystem disturbed during the development of the Kolyvan deposit. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2020. no. 3–1. pp. 465–474. [In Russ] DOI: 10.25018/0236-1493-2020-31-0-465-474.
7. Danilov A., Matveeva V., Horttanainen M. Backfill of a mined-out gold ore deposit with the cemented rubber-cord and waste rock paste: environmental changes in aqueous media. *Journal of Ecological Engineering.* 2021. T. 22. no. 7. pp. 190–203. DOI: 10.12911/22998993/138870.
8. Lebedev Y. V., Kovalev R. N., Kokarev K. V. Interdisciplinary Approach to the Analysis of Subsoil Use Systems (2019). IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 272 (2), article no. 022049, DOI: 10.1088/1755-1315/272/2/022049.
9. Dushin A. V., Ignatyeva M. N., Yurak V. V., Ivanov A. N. Economic evaluation of environmental impact of mining: Ecosystem approach (2020). *Eurasian Mining*, 2020 (1), pp. 30–36. DOI: 10.17580/em.2020.01.06.
10. Davydov S. Ya., Valiev N. G., Grevtsev N. V., Oleinikova L. N. Ecology and energy saving at mining enterprises using protective devices (2019). *Sustainable Development of Mountain Territories*, 11 (3), pp. 273–283. DOI: 10.21177/1998-4502-2019-11-3-273–283.
11. Xiang Fan, Yanjun Guan, Zhongke Bai, Wei Zhou, Chuxin Zhu. Optimization of Reclamation Measures in a Mining Area by Analysis of Variations in Soil Nutrient Grades under Different Types of Land Usage – A Case Study of Pingshuo Coal Mine, China. *Land.* 2022. 11(3), C. 321 DOI: 10.3390/land11030321.12. Yanjun Guan, Juan Wang, Wei Zhou, Zhongke Bai, Yingui Cao. Identification of land reclamation stages based on succession characteristics of rehabilitated vegetation in the Pingshuo opencast coal mine. *Journal of Environmental Management.* 2022. V. 305. 114352. DOI: 10.1016/j.jenvman.2021.114352.
13. Etienne M. J. Soulodre, Amalesh Dhar, Anne Naeth M. Plant community development trends on mixed grass prairie well sites 5 years after reclamation,. *Ecological Engineering.* V. 179. 2022. 106635. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2022.106635.
14. Hu J., Ye B., Bai Z., Hui J. Comparison of the Vegetation Index of Reclamation Mining Areas Calculated by Multi-Source Remote Sensing Data. *Land* 2022. 11. P. 325. DOI: 10.3390/land11030325.
15. Lebedeva T. A., Grevtsev N. V., Oleinikova L. N., Stikhin A. A. Forest lands of industrial regions as an object of system monitoring and comprehensive assessment in modern conditions. 2020. *E3S Web of Conferences.* 177, 04011. DOI: 10.1051/e3sconf/202017704011.
16. Gafurov F. G. Soils of the Sverdlovsk region. Yekaterinburg: Ural Publishing House. un-ta. 2008. p. 396. [In Russ].
17. Tetyukhin S. V., Pavskaya M. V. General assessment of natural reforestation by prevailing species, forest types and types of forest growing conditions on the territory of the Lisinsky part of the Educational and experimental forestry of the Leningrad region. *Izvestiya of the St. Petersburg Forestry Academy.* 2021. Iss. 235. pp. 71–83. [In Russ]. DOI: 10.21266/2079-4304.2021.235.71–83.
18. Adélia Carla Santos Ornelas, Alexandra Providello, Marcio Roberto Soares, Ricardo Augusto Gorne Viani. Silvicultural intensification has a limited impact on tree growth in forest restoration plantations in croplands. *Forest Ecology and Management*, Volume 503. 2022. 119795. DOI: 10.1016/j.foreco.2021.119795.
19. Khokhryakov A. V., Fadeichev A. F., Zeitlin E. M. The use of an integral indicator in assessing the environmental safety of a rock dump subjected to self-healing processes. *News of higher educational institutions. Mining Magazine.* 2013. no. 8. pp. 88–92. [In Russ].

20. Semin A. N., Grevtsev N. V., Antoninova N. Y. Developmental features of non-urban areas using local peat resources in a sustainable way. Polish Academy of Sciences (PAN) A Institute of Technology and Life Sciences National Research Institute (ITP PIB). Journal of water and land development. 2021. 138164. C. 79–84. [In Russ]. DOI: 10.24425/jwld.2021.
21. Pelinsom Marques J., Silvestre Rodrigues V. G., Monici Raimondi I. Increase in Pb and Cd Adsorption by the Application of Peat in a Tropical Soil. Water Air Soil Pollut. 2020. 231. 136. DOI: 10.1007/s11270-020-04507-z.
22. Lebedev Y. V., Valiev N. G., Lebedeva T. A., Kokarev K. V. The methodology and system monitoring principles of a comprehensive assessment of forest lands. 7th International Interdisciplinary Scientific Geoconference (SGEM 2017). 29 June 5 July, 2017, Bulgaria. Conference proceedings. Volume 17. pp. 991–998. Available at: <https://www.sgem.org/sgemlib/spip.php?article10110&lang=en>.
23. Lebedev Y., Kovyazin V., Lebedeva T., Romanchikov A. Value of Forest Ecosystem Natural Potential in the Areal Regional Richness Structure. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Volume 316. 012027. IV scientific-technical conference “Forests of Russia: policy, industry, science and education”. 22–24 May 2019, St. Petersburg, Russia. [In Russ]

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Антонинова Наталья Юрьевна¹ – канд. техн. наук, <https://orcid.org/0000-0002-8503-639X>, доцент кафедры Природообустройства и водопользования, e-mail: natal78@list.ru; *Чепуштанова Алиса Станиславовна¹* – магистрант, <http://orcid.org/0000-0001-6119-6017>, e-mail: Chepushtanova_a@mail.ru; *Самигуллина Валерия Андреевна¹* – аспирант, <http://orcid.org/0000-0001-8221-0017>, e-mail: Samigullina.V@m.ursmu.ru; *Гревцев Дмитрий Евгеньевич¹* – инженер-исследователь, <http://orcid.org/0000-0002-9219-6228>, e-mail: grevtsev.d.e@mail.ru; ¹ ФГБОУ ВО «УГГУ», 620144, Россия, Свердловская обл., г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, д.30. **Для контактов:** *Антонинова Наталья Юрьевна*, e-mail: natal78@list.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Antoninova N. Yu.¹, Cand. Sci. (Eng.) associate professor of the Department of Environmental Management and Water Use, <https://orcid.org/0000-0002-8503-639X>, e-mail: natal78@list.ru; *Chepushtanova A. S.¹*, master's student, <http://orcid.org/0000-0001-6119-6017>, e-mail: Chepushtanova_a@mail.ru; *Samigullina V. A.¹*, graduate student, <http://orcid.org/0000-0001-8221-0017>, e-mail: Samigullina.V@m.ursmu.ru; *Grevcev D. E.¹*, research engineer, <http://orcid.org/0000-0002-9219-6228>, e-mail: grevtsev.d.e@mail.ru;

¹ URSMU, 620144, Yekaterinburg, Russia.

For contact: *Antoninova N. Yu.*, e-mail: natal78@list.ru.

Получена редакцией 16.06.2022; получена после рецензии 14.09.2022; принятая к печати 10.10.2022.

Received by the editors 16.06.2022; received after the review 14.09.2022; accepted for printing 10.10.2022.

