

ГЕОЭКОЛОГИЯ / GEOECOLOGY

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.123.48>

ОСОБЕННОСТИ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ОТРАБОТАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ УГОЛЬНЫХ РАЗРЕЗОВ В КУЗБАССЕ

Обзор

Осинцева М.А.^{1,*}, Бузова Н.В.², Жидкова Е.А.³¹ORCID : 0000-0002-4045-8054;³ORCID : 0000-0002-7658-0254;^{1,2,3} Кемеровский государственный университет, Кемерово, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (k1marial[at]inbox.ru)

Аннотация

В статье дана оценка методов рекультивации земель при добыче угля, чтобы выявить наиболее приемлемые методы восстановления угольных карьеров, учитывая специфику конкретной изучаемой нами территории Кемеровской области – Кузбасса. Проведённый в мае 2022 года поиск литературы рассматривал научно-технические статьи, информацию о территории, которые находятся в свободном доступе. Использовались базы данных статей из Scopus, Google Scholar, российской научной электронной библиотеки. Поискные запросы формировались по ключевым словам «рекультивация угольных разрезов», «методы рекультивации карьеров», «восстановление нарушенных земель», «техногенные / посттехногенные ландшафты»; «technogenic landscapes»; recultivation technologies; young soils; soil-ecological mapping, disturbed soil biological reclamation / environmental protection и тому подобным. Проведённый анализ показал, что наиболее приемлемыми современными методами рекультивации с учётом специфики территории Кузбасса являются следующие: формирование устойчивых лесных насаждений на отвалах угольной промышленности; экологическая оценка нарушенных земель для определения комплекса мер по рекультивации земель с учетом биоразнообразия; анализа факторов почвообразования, морфологических и физико-химических параметров почв техногенных ландшафтов; метод биотестирования с использованием дождевых червей при оценке результатов и эффективности рекультивации почв, метод экологического картографирования, биоиндикаторные методы для интегральной оценки состояния окружающей среды, а также метод многоаспектного мониторинга с использованием геоинформационных технологий и методов дистанционного зондирования Земли.

Ключевые слова: рекультивация, методы рекультивации, нарушенные земли, отработанные территории, уголь, экологический мониторинг, Кемеровская область – Кузбасс.

SPECIFICS OF RECLAMATION OF THE WASTE TERRITORIES OF COAL MINES IN KUZBASS

Review article

Osintseva M.A.^{1,*}, Burova N.V.², Zhidkova E.A.³¹ORCID : 0000-0002-4045-8054;³ORCID : 0000-0002-7658-0254;^{1,2,3} Kemerovo State University, Kemerovo, Russian Federation

* Corresponding author (k1marial[at]inbox.ru)

Abstract

The article evaluates methods of land reclamation in coal mining in order to identify the most appropriate methods of restoration of coal pits, taking into account the specifics of the territory of Kemerovo region - Kuzbass, which we are studying. Conducted in May 2022 literature search considered scientific and technical articles, information about the territory, which are freely available. Databases of articles from Scopus, Google Scholar, Russian scientific electronic library (<https://www.elibrary.ru>; <https://cyberleninka.ru>.) were used. Search queries were formed using the keywords "reclamation of coal mines", "methods of reclamation of open pits", "restoration of disturbed lands", "technogenic / posttechnogenic landscapes"; "technogenic landscapes"; recultivation technologies; young soils; soil-ecological mapping, disturbed soil biological reclamation / environmental protection and the similar. The carried out analysis showed that the most acceptable modern methods of recultivation taking into account specifics of Kuzbass territory are the following: formation of stable forest plantations on the coal industry waste dumps; ecological assessment of disturbed lands to define a complex of measures on land reclamation considering biodiversity; analysis of factors of soil formation, morphological and physical and chemical parameters of soils of technogenic landscapes; method of biotesting with using earthworms when assessing results and effectiveness of land reclamation, method of ecological mapping, bioindicator methods for integral assessment of the environmental state, as well as the method of multidimensional monitoring using geoinformation technologies and Earth remote sensing methods.

Keywords: recultivation, recultivation methods, disturbed lands, waste territories, coal, environmental monitoring, Kemerovo Oblast - Kuzbass.

Введение

В настоящее время интенсивное освоение природных ресурсов приобретает качественно новый характер. Техногенез проявляется на глобальном и региональном уровнях, затрагивая элементы атмосферы, гидросферы, литосферы и биологических сообществ [1]. С каждым годом антропогенная нагрузка на природу возрастает.

Количество нарушенных земель в мире постепенно увеличивается [2], [3], [4]. Нарушенные земли считаются утратившими свою первоначальную природную и экономическую ценность и, как правило, являются источником негативного воздействия на окружающую среду.

Суть широкого спектра экологических проблем в том, что пожары, вырубки, эрозия, техногенные нарушения препятствуют восстановлению и развитию лесов, препятствуют возобновлению системообразующих пород. Безусловно, горнодобывающий комплекс и техногенная трансформация экосистем играют важную роль в ухудшении экологической безопасности, в нарушении первозданной целостности ландшафтов (таблица 1).

Таблица 1 - Общая добыча угля, 2019-2024 гг.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.123.48.1>

Год	2019 млн. тонн	2020 млн. тонн	2021 млн. тонн	2024 млн. тонн	Совокупный среднегодовой темп роста, %
Страна	1	2	3	4	5
Китай	3 724	3 764	3 925	3 982	0,5
Индия	756	764	793	955	6,4
Индонезия	601	564	576	570	-0,4
Австралия	507	468	470	477	0,5
США	641	485	528	484	-2,9
Россия	439	398	429	445	1,2
Мир в целом	7 944	7 560	7 889	8 014	0,5

Примечание: составлена по Coal 2021. IEA Publication, Paris [5]

Как видно из данных таблицы, Китай продолжает доминировать в мировых тенденциях добычи угля. В России крупнейшими компаниями-экспортерами угля выступают [6]: АО «СУЭК», АО «УК «Кузбассразрезуголь», АО ХК «СДС-Уголь», Группа «Сибантрацит», ПАО «Кузбасская Топливная Компания», ОАО «Мечел-Майнинг», ООО «Восточная горнорудная компания», ООО «Распадская угольная компания» и многие другие. Основными поставщиками коксующихся углей на экспорт являются: АО ХК «Якутуголь» (ОАО «Мечел-Майнинг»), АО «СУЭК-Кузбасс», ООО «Распадская угольная компания» (ЕВРАЗ), АО «УК «Кузбассразрезуголь» (УГМК) и так далее.

Уголь является важным сырьем для социального развития угледобывающих стран. В урбанизированных районах с хорошо развитой тяжелой промышленностью (металлургической, угольной, нефтеперерабатывающей и так далее) особую остроту приобретает проблема сохранения окружающей среды, биоразнообразия в целом. И рекультивация нарушенных земель является одним из ключевых этапов этого процесса [7].

Подобного рода разнонаправленная проблематика актуализируется в трудах отечественных и зарубежных учёных [8], [9], [10], [12]. Сегодня весьма актуальна оценка состояния природных ландшафтов в местах добычи угля с использованием средств дистанционного зондирования Земли [13]. В связи с увеличением антропогенной нагрузки на природные комплексы и земельные ресурсы важно детально изучить способы рекультивации. Представленная мировая проблема характерна и особенно актуальна для Кузбасса.

Кемеровская область–Кузбасс является мощным промышленным центром России. На сегодняшний день в связи с активной добычей угля, металлургией, углехимией, нефтехимией и развитием новых отраслей промышленности земли Кемеровской области испытывают достаточно высокую техногенную нагрузку. Последствия утраты земель рекреационных и охранных зон неуклонно ухудшается состояние окружающей среды и качество жизни горожан, в связи с чем управление зеленым фондом необходимо рассматривать как часть концепции устойчивого развития городов в рамках новой парадигмы экологической ответственности [14], [15], [16]. Значимо восстанавливать земли, отведенные муниципалитетам под добычу полезных ископаемых, принимать ответственные экологические решения, реализуя возможности рекреационных зон широкого назначения, например, в аспекте развития экологического туризма [17], [18], [19].

Целью наших исследований является оценка методов рекультивации земель при добыче угля, чтобы выявить наиболее приемлемые методы восстановления угольных карьеров, учитывая специфику территории Кемеровской области – Кузбасса.

Основная часть

Проведённый в мае 2022 года поиск литературы рассматривал научно-технические статьи, информацию о территории, которые находятся в свободном доступе. Использовались базы данных статей из Scopus, Google Scholar, российской научной электронной библиотеки. Поискные запросы формировались по ключевым словам «рекультивация угольных разрезов», «методы рекультивации карьеров», «восстановление нарушенных земель», «техногенные / посттехногенные ландшафты»; «technogenic landscapes»; reclamation technologies; young soils; soil-ecological mapping, disturbed soil biological reclamation / environmental protection и тому подобное.

Ресурсный потенциал Сибири весьма существенен. Кузнецкий угольный бассейн является крупнейшим из угольных бассейнов мира, имеет особый статус, поскольку Кемеровская область является одним из самых индустриальных и высокоурбанизированных регионов страны. Рекультивировать необходимо чётко и грамотно, учитывая особенности пространства Кузбасса.

Кемеровская область располагается в южной части Западной Сибири. Для двух третей территории Кузбасса характерен горный рельеф. Центральная часть региона расположена в Кузнецкой котловине (рельеф в основном равнинный, местность сильно изрезана оврагами). Котловина с трех сторон охвачена горами (Салаирским кряжем, Абаканским хребтом, Кузнецким Алатау) [20], [21]. Общая площадь земель в административных границах Кемеровской области – Кузбасса по состоянию на 01.01.2020 составляет 9572,5 тыс. га. Природные условия и почвенный покров Кемеровской области – Кузбасса разнообразны. Леса занимают почти 65% пространства региона. Растительность представлена пихтой, кедром, березой, осиной и так далее. Северная часть характеризуется серыми почвами, Кузнецкая котловина – выщелоченными и оподзоленными, среднемоющими и мощными черноземами, горные массивы – дерново-подзолистыми почвами [22]. За 2019 год нарушено земель 5,443 тыс. га, рекультивировано 0,711 тыс. га, что составило 13,1 % от площади нарушенных земель за отчетный год [22] (таблица 2).

Таблица 2 - Динамика добычи угля в Кузбассе за два года (2021-2022)

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.123.48.2>

Годы	Добыча	
	Открытым способом	Подземным способом
2021	35	23
2022	37	20

Примечание: Министерство угольной промышленности Кузбасса [23]

С начала 2022 года угольщиками Кузбасса добыто 57 млн. тонн угля (январь-март 2021 г. – 58 млн. тонн) [23]. Как видно, темпы роста площади территории с восстановленными экологическими функциями значительно ниже темпов их разрушения. Большой негативный вклад в процессы деградации и уничтожения почвенного покрова на территории Кемеровской области – Кузбасса вносят горнодобывающие предприятия, особенно при открытой добыче угля, с образованием в зоне действия объектов техногенных ландшафтов.

Кузбасс уникален по своим геологическим, ландшафтным, почвенным и биологическим характеристикам. Одной из особенно острых экологических проблем области является рост площади техногенных и посттехногенных ландшафтов. В связи с этим рекультивация нарушенных земель становится реальным способом восстановления разрушенных экосистем.

В настоящей статье под термином рекультивация понимается следующее. Рекультивация – «это действия по предотвращению деградации земель и (или) восстановлению их плодородия путем приведения земель в состояние, пригодное для их использования в соответствии с целевым назначением и разрешенным использованием, в том числе путем устранения последствий загрязнения почв, восстановления плодородного слоя почвы, создания защитных лесных насаждений» [24]. Рекультивация нарушенных земель и земельных участков, как правило, происходит в русле следующих ключевых направлений реабилитации обработанных земель: сельскохозяйственное; лесохозяйственное; рыбохозяйственное; природоохранное; рекреационное; водохозяйственное; строительное [25].

Каждое направление из этого широкого спектра обладает своим инструментарием. Так, восстановление промышленных земель после добычи угля осуществляется при помощи как методов технической (таблица 3), так и биологической рекультивации (таблица 4).

Таблица 3 - Методы технической (механической) рекультивации обработанных территорий

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.123.48.3>

Структурно-проектные	Химические	Водные	Тепловые
Селективная (раздельная) выемка, отвалообразование, землевание, метод экранирования и многие другие	известкование; гипсование; внесение буроугольной смолы и тому подобное	дренирование; осушение; обводнение; орошение; регулирование высоты снежного покрова и многие другие	согревание, мульчирование, оттаивание и многие другие

Примечание: сост. по ист. [26]

Таблица 4 - Методы биологической (лесной) рекультивации нарушенных земель

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.123.48.4>

Агротехнические методы	Фитомелиоративные методы	Мелиоративные методы
очень глубокое рыхление (на 40-50 см), максимально глубокая вспашка и другие	методы создания лесных, древесно-кустарниковых и травянистых полос	использование полистироловых хлопьев, битумных эмульсий.

Примечание: сост. по ист. [26]

Методы (механической) рекультивации влияют на техногенные ландшафты, меняют его рельеф, свойства горных пород и многое другое. Подчеркнём, что агротехнические методы способствуют улучшению агрофизических и агрохимических свойств почвогрунтов. Мелиоративные методы трансформируют неблагоприятные химические свойства техногенного субстрата (нейтрализуют токсичность, благоприятно воздействуют на реакцию среды). В свою очередь фитомелиоративные, применение которых весьма актуально на данный момент, обеспечивают надёжную защиту техногенных почв от водной и ветровой эрозии.

В мире применяются самые разнообразные методы технической и биологической рекультивации, которые были описаны ранее. В этом плане показателен опыт рекультивации нарушенных земель США, Китая, Германии и др.

В мировой практике применяются как традиционные, так и современные методы рекультивации земель. Так, традиционные методы рекультивации связаны, как правило, с созданием рекультивационного слоя. Авторы изучают влияние метода начальной посадки на производительность смешанных посадок ольхи и дуба на уплотнённом открытом грунте добычи угля; влияние методов подготовки к добыче на рост деревьев, структуру древостоя и естественную регенерацию в начальный период стадии исключения ствола из развития древостоя и многое другое [27], [28], [30], [31].

В монографии М. Ф. Смирного и его соавторов [32] рассмотрены вопросы восстановления терриконовых ландшафтов Донецкого угольного бассейна (Донбасса) на основе установления закономерностей физико-геологических и геохимических процессов, происходящих в отвальных породах. Особое внимание уделено поэтапной утилизации терриконов по их геохимической активности. Лесная рекультивация рассмотрена как средство снижения вредного воздействия отвалов на окружающую среду и консервации полезных элементов отвальной породы для использования в будущем.

Традиционные методы устаревают, имеют свои ограничения по тем или иным показателям.

На современном этапе экологического мониторинга земель, как отмечают исследователи [33], рекультивация особенно важна для восстановления первоначальной биологической ценности и экологических функций территорий. Если ранее приоритетом было хозяйственное использование нарушенных земель, то в настоящее время современные методы мелиорации земель связаны с применением прогрессивных мелиоративных технологий при использовании сточных вод и активной почвенной микрофлоры. Эти методы не требуют больших денежных вливаний. При этом улучшают рекультивацию нарушенных земель в несколько раз.

Так, например, G. Li и его соавторы применяют новый подход к увеличению скорости мелиорации земель в зоне оседания угольной промышленности угольной шахты Гуцяо (Китай) [34]. Авторами установлены динамические распределения поверхностного оседания и ущерба земле с 2007 по 2017 год, основанные на одновременной добыче и рекультивации. В этом же плане X. Yu с коллегами [35] разработали индекс оценки мелиоративных выгод в районе добычи полезных ископаемых с использованием данных мелиоративного мониторинга на угольной шахте Nanjiawan в шахтном районе Шаньдун (провинция в Китае) использовались экспертный метод оценки и традиционная модель оценки. Авторами подчеркнуто, что эти методы могут быть использованы для точной оценки комплексных выгод после рекультивации земель, а результаты оценки обеспечат справочную основу для устойчивого развития угольной отрасли.

Среди перспективных современных методов выделяются методы дистанционного зондирования Земли. В недавних исследованиях спутниковые изображения использовались для мониторинга и оценки воздействия антропогенной деятельности на состояние биофизических характеристик поверхности [36], [37], [38]. Спутниковые данные обладают рядом достоинств, таких как многовременность и мультиспектральность. Они охватывают обширные области, что делает их пригодными для изучения динамических явлений [39]. Так, к примеру, в работе A. A. Regisak и его коллег [40] для анализа гидрологических, биогеохимических, экологических и медицинских последствий добычи полезных ископаемых, в том числе угля, на территории Центральные Аппалачей (горной системы на востоке США и Канады), с использованием платформ Landsat и Google Earth Engine. Авторы оценили воздействие на экосистему и здоровье людей, частично опираясь на геопространственный набор данных, определяющий степень поверхностной добычи с десятилетним интервалом. В рамках подхода, основанного на дистанционном зондировании, в работе M. K. Firozjaei и его соавторов [41] использовались карты LST и NDVI для оценки техногенного воздействия на уровень залесённости. Авторами выявлено стабильное сокращение целостности лесного покрова из-за увеличения объёмов горнодобывающей промышленности.

Широкий спектр применения технологий дистанционного зондирования в мониторинге биоразнообразия, структуры ландшафта, изменения растительности, почвенной среды, состояния поверхностного стока и атмосферной среды в районах добычи полезных ископаемых ярко выражен в публикации W. Song и его соавторов [42]. На основе полученных результатов дана весьма убедительная классификация землепользования, обозначены факторы воздействия на окружающую среду. При этом отмечено, что эти современные методы мониторинга всё еще нуждаются в совершенствовании из-за ограниченности данных, поскольку существует мало исследований по дистанционному зондированию мониторинга внутренних энергетических потоков.

В русле отечественной науки и практики также актуально использование традиционных и современных методов восстановления обработанных земель при добычи угля. В этом плане Е.В. Dedova [43] с соавторами предложили агробиологический метод фитомелиорации деградированных земель на открытых песчаных массивах, включающий посадку *Calligonum aphyllum* (Pall.) Gurke, *Leymus racemosus* Лам. Цвел. *Bassia prostrata* (L.) A.J. Scott, *Krascheninnikovia ceratoides* (L.) Gueldenst., and *Agropyron sibiricum* (Willd.) P. Beav. Разработаны дифференцированные для различных категорий сельскохозяйственных угодий комплексы мелиоративных мероприятий, обеспечивающие создание оптимальных условий для повышения природно-ресурсного потенциала аридных экосистем и предотвращения опустынивания территорий, выравнивания сложности почвенного покрова, снижения естественного и антропогенного засоления, а также снижения уровня загрязнения почв. засоление и риск других негативных процессов.

К перспективным методам также относится метод дистанционного зондирования воздействия на лесные экосистемы хвостохранилища для решения экологических проблем в рамках статьи Л. Т. Krupskaya и её соавторов [44]. Представлен анализ современного состояния поверхности хвостохранилища как источника интенсивного техногенного загрязнения лесных экосистем, а также оценка процессов эволюции компонентов окружающей среды после прекращения техногенного воздействия с использованием дистанционного зондирования Земли. Использование методов дистанционного зондирования позволило уточнить пути миграции и характер потоков загрязняющих веществ из выброшенных хвостохранилищ. Разработаны пути снижения их негативного воздействия на лесные экосистемы.

На данный момент очерченная проблематика актуальна и для рекультивации земель в Кузбассе, она отражена в широком диапазоне трудов исследователей. Так, к примеру, этой тематике посвящён сборник научных статей «Проблемы охраны и рационального природопользования» [45], в котором среди широкого спектра вопросов рационального использования природных ресурсов Кузбасса особое место отведено изучению биотехносферы, природных ландшафтов. А. Л. Малков пишет об особом методе экологического картографирования, который находится на стыке разнообразных научных дисциплин (экологии, гигиены, географии и других наук). Метод поможет рассматривать как отрицательные, так и положительные последствия влияния человека на природу Кузбасса. Наиболее значимо, по мнению автора, составление экологических карт всех промышленных районов области для этого желательно сотрудничество всех научно-исследовательских институтов и вузов региона. Надежный инструмент для интегральной оценки состояния окружающей среды в Кузбасском промышленном регионе [46]. В свою очередь В. Г. Щербак в своей работе приводит результаты исследований по выявлению биоиндикаторных видов растений, которые показали, что для Новокузнецка и его окрестностями таковыми являются: сосна обыкновенная, клен ясенелистный, клён Гиннала, а также некоторые виды мхов и лишайников [47].

А. В. Заушинцева, Н. В. Скалон и другие соавторы применяли метод биотестирования с использованием дождевых червей при оценке результатов и эффективности рекультивации почв, загрязненных токсичными веществами [48]. Исследования проведены в 2010 - 2013 гг. в окрестностях и в зоне опытного полигона Кемеровского государственного университета - экомузeya «Тюльберский городок» в 62 км к югу от г. Кемерово в Кемеровском районе Кемеровской области. Выявлена сильная реакция почвенных животных на степень загрязнения нефтепродуктами и влажность почвы, что позволяет оценить результаты рекультивации.

Инновационные технологии рекультивации и экологической оценки нарушенных земель представлены в работе А. В. Заушинценой, Н. В. Кожевникова [49]. Авторы проанализировали зависимость экологической ситуации в Кемеровской области от состояния почв, нарушенных в результате добычи полезных ископаемых. Выявлено, что воздействие угледобывающих предприятий приводит к нарушению сложившегося динамического равновесия в биосфере, как на региональном, так и на глобальном уровне. Показана необходимость введения строгого контроля за состоянием почвенного покрова и обязательное выполнение работ по восстановлению нарушенных территорий.

В рамках новой перспективной отрасли генетического почвоведения раскрываются работы О. И. Подурец и М. А. Осинцевой [50], [51], связанные с изучением техногенеза и почвообразования в Кемеровской области. Отмечено, что метод диагностики развития почвообразовательных процессов по функциям генетических горизонтов органогенной части почвенного профиля позволяет прогнозировать не только генезис почв, но и направленность восстановления в конкретном техногенном ландшафте биоценологических процессов [50]. Авторами изучена специфика почвообразующих процессов на основе анализа факторов почвообразования, морфологических и физико-химических параметров почв техногенных ландшафтов. Установлены общие закономерности влияния экологических факторов развития почвообразующих процессов в техногенных ландшафтах, а именно: особенности морфоструктуры рельефа техногенного ландшафта; свойства и состав материнских пород; гидротермальные условия обитания и многое другое [51].

Доступные и эффективные методы рекультивации нарушенных земель в Кузбассе описаны в работе [52]. Авторами предлагаются следующие способы восстановления экосистем:

- 1) разработка методики восстановления лугово-степных сообществ;
- 2) формирование устойчивых лесных насаждений на отвалах угольной промышленности;
- 3) экологическая оценка нарушенных земель для определения комплекса мер по рекультивации земель с учетом биоразнообразия.

Особого внимания заслуживают «Методические рекомендации по лесной рекультивации нарушенных земель на предприятиях угольной промышленности в Кузбассе» [53], которые содержат технологические схемы проведения работ по лесной рекультивации отвалов вскрышных горных пород для создания устойчивых и разнообразных по составу лесных насаждений.

Безусловно, такие явления, как урбанизация, опустынивание, потеря лесов или изменение качества воды, можно увидеть с помощью дистанционно воспринимаемых изображений. Цифровые методы в экологическом мониторинге, геодезии и картографии как драйверы экономического развития позволяют получать достоверную и актуальную информацию об объектах недвижимости и природных объектах, содержащуюся в настоящий момент в различных информационных ресурсах (ЕГРН, лесной реестр, водный реестр и в многих других) [54], [55].

Кузбасские угольщики активно взаимодействуют на практике с учёными-биологами в разработке инновационных технологий рекультивации и экологической оценки нарушенных земель. Так, например, Опорный университет Кузбасса выиграл конкурс на выполнение работ по биологической (лесной) рекультивации на филиале ОАО «УК «Кузбассразрезуголь» Моховский угольный разрез» [56].

Заключение

Проведённый анализ показал, что необходимо и целесообразно проведение дальнейших теоретических и практических исследований в области оценки методов рекультивации угольных карьеров Кемеровской области. Сделана первичная оценка общей характеристики территории с промышленным присутствием в рамках научного контекста изучения данной проблемы. Показано, что наиболее приемлемыми современными методами рекультивации с учётом специфики территории Кузбасса являются следующие: формирование устойчивых лесных насаждений на отвалах угольной промышленности; экологическая оценка нарушенных земель для определения комплекса мер по рекультивации земель с учетом биоразнообразия; анализа факторов почвообразования, морфологических и физико-химических параметров почв техногенных ландшафтов; метод биотестирования с использованием дождевых червей при оценке результатов и эффективности рекультивации почв, метод экологического картографирования, биоиндикаторные методы для интегральной оценки состояния окружающей среды, а также метод многоаспектного мониторинга с использованием геоинформационных технологий и методов дистанционного зондирования Земли.

Финансирование

Работа ведется в рамках Распоряжения Правительства Российской Федерации от 11.05.2022 г. №1144-р, комплексной научно-технической программы полного инновационного цикла "Разработка и внедрение комплекса технологий в областях разведки и добычи твердых полезных ископаемых, обеспечения промышленной безопасности, биоремедиации, создания новых продуктов глубокой переработки из угольного сырья при последовательном снижении экологической нагрузки на окружающую среду и рисков для жизни населения" ("Чистый уголь – зеленый Кузбасс"), мероприятие 3.1 "Экополигон мирового уровня технологий рекультивации и ремедиации"

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Funding

The study is in line with the Russian Federation Government Decree No. 1144-r of May 11, 2022 and a comprehensive scientific innovative program "Developing and implementing a set of technologies in the areas of solid mineral exploration and production, industrial safety, bioremediation, and creation of new products through deep processing of coal with a consistent reduction of the environmental impact and risk to human life" ("Clean Coal – Green Kuzbass"); stage 3.1 "An ecological test-site of world-class reclamation and remediation technologies".

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Уфимцев В.И. Методические рекомендации по лесной рекультивации нарушенных земель на предприятиях угольной промышленности в Кузбассе / В.И. Уфимцев, Ю.А. Манаков, А.Н. Куприянов – Кемерово: Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Федерал. иссл. центр угля и углехимии СО РАН ; [под общ. ред. Ю.А. Манакова], КРЭОО «Ирбис», 2017. – 44 с.
2. Моторина Л.В. Опыт рекультивации нарушенных промышленностью ландшафтов в СССР и зарубежных странах / Л.В. Моторина – М.: ВНИИТЭИСХ, 1975. – 84 с.
3. Сметанин В.И. Рекультивация и обустройство нарушенных земель / В.И. Сметанин – М.: Колос, 2000. – 96 с.
4. Смирный М.Ф. Экологическая безопасность терриконовых ландшафтов Донбасса / М.Ф. Смирный, Л.Г. Зубова, О.Р. Зубов – Луганск: вид-во СНУ ім. В.Даля, 2006. – 287 с.
5. Firozjaei M.K. A historical and future impact assessment of mining activities on surface biophysical characteristics change: A remote sensing-based approach. / M.K. Firozjaei // Ecological Indicators. – 2021. – № 122. – p. 1-13. – DOI: 10.1016/j.ecolind.2020.107264.
6. Li G. A new approach to increased land reclamation rate in a coal mining subsidence area: A case-study of Guqiao Coal Mine, China. / G. Li // Land Degradation and Development. – 2022. – № 6 (33). – p. 866– 880. – DOI: 10.1002/ldr.4184

7. Yu X. Assessment of land reclamation benefits in mining areas using fuzzy comprehensive evaluation. / X. Yu, C. Mu, D. Zhang // Sustainability (Switzerland). – 2020. – № 5 (12). – p. 1-20. – DOI: 10.3390/su12052015
8. Fu Y. Characterizing the spatial pattern of annual urban growth by using time series Landsat imagery. / Y. Fu // Science of the Total Environment. – 2019. – № 666. – p. 274-284. – DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.02.178
9. Hipel K.W. Combined strategic and tactical negotiation methodology for resolving complex brownfield conflicts. / K.W. Hipel, T. Hegazy, S. Yousefi // Pesquisa Operacional. – 2010. – № 2 (30). – p. 281-304. – DOI: 10.1590/S0101-74382010000200003
10. Dallaire K. Early tree growth in reclaimed mine soils in Appalachia USA. / K. Dallaire, J. Skousen // Forests. – 2019. – № 7(10). – p. 1-13. – DOI: 10.3390/f10070549
11. Podurets O.I. Ecological aspect of the development of soil-forming processes at the post-technogenic stage. / O.I. Podurets, M.A. Osintseva // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing. – 2021. – Vol. 937. – № 2. – p. 022008. – DOI: 10.1088/1755-1315/937/2/022008.
12. Moghaddam M.H.R. Effect of environmental policies in combating aeolian desertification over Sejzy Plain of Iran. / M.H.R. Moghaddam // Aeolian Research. – 2018. – № 35. – p. 19-28. – DOI: 10.1016/j.aeolia.2018.09.001.
13. Plamping K. Effects of initial planting method on the performance of mixed plantings of alder and oak on compacted opencast coal-spoils, Wales: 10-year results. / K. Plamping // International Journal of Mining, Reclamation and Environment. – 2017. – № 4 (31). – p. 286-300. – DOI: 10.1080/17480930.2016.1139528
14. Dedova E.B. Land Degradation of the Republic of Kalmykia: Problems and Reclamation Methods. / E.B. Dedova, B.A. Goldvarg, N.L. Tsagan-Mandzhiev // Arid Ecosystems. – 2020. – № 2 (10). – p. 140-147. – DOI: 10.1134/S2079096120020043.
15. Pericak A.A. Mapping the yearly extent of surface coal mining in central appalachia using landsat and google earth engine. / A.A. Pericak // PLoS ONE. – 2018. – № 7 (13). – p. 1-15. – DOI: 10.1371/journal.pone.0197758
16. Firozjaei M.K. Monitoring and forecasting heat island intensity through multi-temporal image analysis and cellular automata-Markov chain modelling: A case of Babol city, Iran. / M.K. Firozjaei // Ecological Indicators. – 2018. – № 91. – p. 155-170. (accessed: 13.09.22). – DOI: 10.1016/j.ecolind.2018.03.052
17. Estoque R.C. Monitoring surface urban heat island formation in a tropical mountain city using Landsat data (1987–2015). / R.C. Estoque, Y. Murayama // ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. – 2017. – № 133. – p. 18-29. – DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2017.09.008.
18. Dement W.T. Plantation development and colonization of woody species in response to post-mining spoil preparation methods. / W.T. Dement // New Forests. – 2020. – № 6 (51). – p. 965-984. – DOI: 10.1007/s11056-019-09769-y
19. Limasset E. Points of attention in designing tools for regional brownfield prioritization. / E. Limasset, L. Pizzol, C. Merly et al. // Science of the Total Environment. – 2018. – № 622-623. – p. 997-1008. – DOI: 10.1590/S0101-74382010000200003
20. Song W. Progress in the remote sensing monitoring of the ecological environment in mining areas. / W. Song // International Journal of Environmental Research and Public Health. – 2020. – Vol. 17. – № 6. – p. 1-17. – DOI: 10.3390/ijerph17061846
21. Ignatyeva M. Recultivation of post-mining disturbed land: Review of content and comparative law and feasibility study. / M. Ignatyeva, V. Yurak, N. Pustokhina // Resources. – 2020. – Vol. 9. – № 6. – p. 1-17. – DOI: 10.3390/RESOURCES9060073
22. Krupskaya L.T. Remote sensing for environmental safety of forest ecosystems within the tailings impact of a closed tin ore company 2021. / L.T. Krupskaya // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing. – 2021. – Vol. 806. – № 1. – p. 1-13. – DOI: 10.1088/1755-1315/806/1/012017.
23. Bian Z.F. Several basic problems in land restoration in mining areas. / Z.F. Bian, S.G. Lei, D. Jin et al. // Journal of China Coal Society. – 2018. – № 43. – p. 190-197.
24. Manakov Y. The best available techniques for disturbed lands reclamation in Kuzbass. / Y. Manakov, A. Kupriyanov // E3S Web of Conferences. EDP Sciences. – 2018. – Vol. 41. – p. 02006. (accessed: 13.09.22). – DOI: 10.1051/e3sconf/20184102006.
25. Lima A.T. The legacy of surface mining: Remediation, restoration, reclamation and rehabilitation. / A.T. Lima // Environmental Science and Policy. – 2016. – № 66. – p. 227-233. – DOI: 10.1016/j.envsci.2016.07.011
26. Rosa J.C.S. To what extent can mine rehabilitation restore recreational use of forest land? Learning from 50 years of practice in southwest Australia. / J.C.S. Rosa, D. Geneletti, A. Morrison-Saunders et al. // Land Use Policy. – 2020. – № 90. – p. 1-17. – DOI: 10.1016/j.landuse-pol.2019.104290
27. Удодов Ю.В. Геолого-геоморфологическая характеристика и полезные ископаемые Кемеровской области. / Ю.В. Удодов, Н.Т. Егорова, Г.Н. Багмет // Вестник Кемеровского государственного университета. Серия: Биологические, технические науки и науки о Земле. – 2017. – № 1. – с. 53 - 59.
28. Зеньков И.В. Дистанционное зондирование в решении экологических проблем лесной рекультивации на угольных карьерах Сибири / И.В. Зеньков // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. академика М.Ф. Решетнева. – 2016. – Т. 17. – № 1. – с. 36-44.
29. Чернев А.А. Использование земельных ресурсов для организации туризма и отдыха в Центральной экологической зоне Байкальской природной территории (на примере Иркутской области) / А.А. Чернев // Современные проблемы сервиса и туризма. – 2019. – Т. 13. – № 1. – с. 107-116. – DOI: 10.24411/1995-0411-2019-10112
30. Наумов И.В. Исследование пространственных диспропорций в процессах нарушения и рекультивации земельных ресурсов России. / И.В. Наумов // Известия Уральского государственного горного университета. – 2019. – № 4 (56) . – с. 143-152 . – DOI: 10.21440/2307-2091-2019-4-143-152

31. Петренко И.Е. Итоги работы угольной промышленности России за 2021 год. / И.Е. Петренко // Уголь. – 2022. – № 3. – с. 9-23. – DOI: 10.18796/0041-5790-2022-3-9-23
32. Стась И.Н. Концепции озеленения и экологическая проблематика в советских генпланах Сургута (1964-1990 гг.). / И.Н. Стась // Вестник Сургутского государственного педагогического университета. – 2017. – № 6(51). – с. 96-103.
33. Панов В.И. Концепция устойчивого развития: экологическое мышление, сознание, ответственность. / В.И. Панов, Э.В. Лидская // Вестник Московского Государственного Гуманитарного университета имени М. А. Шолохова. Социально-экологические технологии. – 2012. – № 1. – с. 38-50.
34. Кожевников Н.В. Отечественный и зарубежный опыт биологической рекультивации нарушенных земель. / Н.В. Кожевников, А.В. Заушинцева // Вестник Кемеровского государственного университета. Серия: Биологические, технические науки и науки о Земле. – 2017. – № 1. – с. 43 - 47.
35. Шипилова А.М. Оценка почвенно-экологического состояния техногенных ландшафтов Кузбасса в зависимости от технологии рекультивации нарушенных земель. / А.М. Шипилова, И.С. Семина // Известия Уральского государственного горного университета. – 2017. – № 3(47). – с. 53-56. – DOI: 21440/2307-2091-2017-3-53-56
36. Макаренко Е.Л. Оценка рекреационного потенциала лесов в Центральной экологической зоне Байкальской природной территории / Е.Л. Макаренко // Современные проблемы сервиса и туризма. – 2019. – Т. 13. – № 1. – с. 117-130. – DOI: 10.24411/1995-0411-2019-10113
37. Данилов А.Ю. План развития экологического туризма национального парка «русский Север»: возможности и рекомендации / А.Ю. Данилов, Д.А. Цапук // Сервис в России и за рубежом. – 2022. – Т. 16. – № 2(99). – с. 121-133. – DOI: 10.24412/1995-042X-2022-2-121-133
38. Заушинцева А.В. Реакция дождевых червей (сем. Lumbricidae) на изменение абиотических факторов. / А.В. Заушинцева, Н.В. Скалон, А.С. Заушинцен // Вестник Кемеровского государственного университета. – 2014. – № 1-1(57). – с. 7-13.
39. Ключниченко Н.В. Рекреационные и охранные зоны городских поселений в системе застройки / Н.В. Ключниченко // Гео-Сибирь. – 2007. – Т. 2. – № 2. – с. 185-190.
40. Подурец О.И. Техногенез и почвообразование в Южной лесостепи Кемеровской области. / О.И. Подурец // Вестник Кемеровского государственного университета. Серия: Биологические, технические науки и науки о Земле. – 2018. – № 1(5). – с. 68-73. – DOI: 10.21603/2542-2448-2018-1-68-73.
41. Заушинцева А.В. Техногенез почвенного покрова в районах разработки угольных месторождений Кузбасса. / А.В. Заушинцева, Н.В. Кожевников // Вестник Кемеровского государственного университета. Серия: Биологические, технические науки и науки о Земле. – 2017. – № 1(1). – с. 4-9.
42. Садыкова Г.Э. Эколого-экономическое обоснование перспектив использования земель после рекультивации в Республике Крым. / Г.Э. Садыкова // Экономика строительства и природопользования. – 2018. – № 4(69). – с. 71-78.
43. Igloukov A. Reclamation of Mechanically Disturbed Soils Using Forest Plantations. / A. Igloukov, O. Kulyasova, N. Sannikova // XIV International Scientific Conference "INTERAGROMASH 2021"; – Cham: Springer, 2022. – p. 395-403.
44. Щербак В.Г. Возможность использования биоиндикаторных методов для интегральной оценки состояния окружающей среды и экологической ситуации в промышленных городах Кузбасса. / В.Г. Щербак // Проблемы охраны и рационального природопользования; под ред. Н. Гагина, А.Т. Мальцева, М. М. Рачковская – Кемерово: Кемеровский государственный университет, КемГУ, 1978. – с. 43-49.
45. Малков А.Л. Перспективы использования метода экологического картографирования для интегральной оценки состояния окружающей среды в Кузбасском промышленном регионе. / А.Л. Малков // Проблемы охраны и рационального природопользования: сб. статей; под ред. Т. Н. Гагина, А.Т. Мальцева, М. М. Рачковская – Кемерово: Кемеровский государственный университет, КемГУ, 1978. – с. 5-29.
46. Малков Л.Н. Проблемы природных ландшафтов. / Л.Н. Малков, З.А. Советова // Проблемы охраны и рационального природопользования; под ред. Гагина Т. Н., Мальцева, А.Т., Рачковская М. М. – Кемерово: Кемеровский государственный университет, 1978. – с. 64-69.
47. Coal 2021 [Electronic source] // IEA. Paris . – 2021. – URL: <https://www.iea.org/reports/coal-2021>. (accessed: 11.08.22)
48. Википедия, свободная энциклопедия [Электронный ресурс] // География Кемеровской области . – 2020. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/География_Кемеровской_области. (дата обращения: 08.08.20)
49. Министерство угольной промышленности Кузбасса [Электронный ресурс] // Официальный сайт Министерства угольной промышленности Кузбасса . – 2020. – URL: <https://mupk42.ru/ru/industry/pokazateli/>. (дата обращения: 08.08.20)
50. Национальная система пространственных данных» будет способствовать интенсивному развитию цифровизации в области геодезии и картографии [Электронный ресурс] // Пресс-центр Управления Росреестра по Кемеровской области – Кузбассу. – 2020. – URL: <https://rosreestr.gov.ru/press/archive/artiyem-rada-programma-natsionalnaya-sistema-prostranstvennykh-dannykh-budet-sposobstvovat-intensivno/>. (дата обращения: 08.08.20)
51. Правовой сайт «КонсультантПлюс» [Электронный ресурс] // Постановление Правительства РФ от 10.07.2018 N 800 (ред. от 07.03.2019) «О проведении рекультивации и консервации земель» (вместе с «Правилами проведения рекультивации и консервации земель») . – 2020. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_302235. (дата обращения: 08.08.20)
52. Студенты и преподаватели КемГУ могут присоединиться к рекультивации на Моховском угольном разрезе [Электронный ресурс] // Пресс-центр Кемеровского государственного университета . – 2020. – URL: <https://kemsu.ru/news/838-studenty-i-prepodavateli-kemgu-prisoedinyatsya-k-rekultivatsii-na-mokhovskom-ugolnom-razreze/>. (дата обращения: 08.08.20)

53. Электронный фонд актуальных правовых и нормативно-технических документов [Электронный ресурс] // ГОСТ Р 57446—2017. Национальный стандарт Российской Федерации. Наилучшие доступные технологии. Рекультивация нарушенных земель и земельных участков. Восстановление биологического разнообразия (утв. и введен в действие Приказом Росстандарта от 18.04.2017 N 283-ст) . – 2020. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200145085> . (дата обращения: 08.08.20)

54. Доклад о состоянии и охране окружающей среды Кемеровской области – Кузбасса в 2019 году. – Кемерово : Департамент природных ресурсов и экологии Кемеровской области, 2020. – 219 с.

55. Рада А.О. Организационно-экономический механизм внедрения цифровых технологий на предприятиях сельского хозяйства: на материалах Кемеровской области - Кузбасса: автореф. дис. ... канд. эконом. наук / А.О. Рада. - Новосибирск, 2020. - 27 с.

56. Проблемы охраны и рационального природопользования / под ред. Т. Н. Гагина, А.Т. Мальцева, М.М. Рачковская. - Кемерово : Кемеровский государственный университет. 1978. - 149 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Ufimcev V.I. Metodicheskie rekomendacii po lesnoj rekul'tivacii narushenny'x zemel' na predpriyatiyax ugol'noj promy'shlennosti v Kuzbasse [Methodological recommendations on forest reclamation of disturbed lands at coal industry enterprises in Kuzbass] / V.I. Ufimcev, Yu.A. Manakov, A.N. Kupriyanov – Kemerovo: Ros. akad. nauk, Sib. otd-nie, Federal. issl. centr uglya i ugleximii SO RAN ; [pod obshh. red. Yu.A. Manakova], KRE'OO «Irbis», 2017. – 44 p. [in Russian]

2. Motorina L.V. Opy't rekul'tivacii narushenny'x promy'shlennost'yu landshaftov v SSSR i zarubezhny'x stranax [Experience of recultivation of landscapes disturbed by industry in the USSR and foreign countries] / L.V. Motorina – M.: VNIITE'ISX, 1975. – 84 p. [in Russian]

3. Smetanin V.I. Rekul'tivaciya i obustrojstvo narushenny'x zemel' [Reclamation and improvement of disturbed lands] / V.I. Smetanin – M.: Kolos, 2000. – 96 p. [in Russian]

4. Smirny'j M.F. E'kologicheskaya bezopasnost' terrikonovy'x landshaftov Donbassa [Ecological Safety Of The Terricon Landscapes Of Donbass] / M.F. Smirny'j, L.G. Zubova, O.R. Zubov – Lugansk: vid-vo SNU im. V.Dalya, 2006. – 287 p. [in Russian]

5. Firozjaei M.K. A historical and future impact assessment of mining activities on surface biophysical characteristics change: A remote sensing-based approach. / M.K. Firozjaei // Ecological Indicators. – 2021. – № 122. – p. 1-13. – DOI: 10.1016/j.ecolind.2020.107264.

6. Li G. A new approach to increased land reclamation rate in a coal mining subsidence area: A case-study of Guqiao Coal Mine, China. / G. Li // Land Degradation and Development. – 2022. – № 6 (33). – p. 866– 880. – DOI: 10.1002/ldr.4184

7. Yu X. Assessment of land reclamation benefits in mining areas using fuzzy comprehensive evaluation. / X. Yu, C. Mu, D. Zhang // Sustainability (Switzerland). – 2020. – № 5 (12). – p. 1-20. – DOI: 10.3390/su12052015

8. Fu Y. Characterizing the spatial pattern of annual urban growth by using time series Landsat imagery. / Y. Fu // Science of the Total Environment. – 2019. – № 666. – p. 274-284. – DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.02.178

9. Hipel K.W. Combined strategic and tactical negotiation methodology for resolving complex brownfield conflicts. / K.W. Hipel, T. Hegazy, S. Yousefi // Pesquisa Operacional. – 2010. – № 2 (30). – p. 281–304. – DOI: 10.1590/S0101-74382010000200003

10. Dallaire K. Early tree growth in reclaimed mine soils in Appalachia USA. / K. Dallaire, J. Skousen // Forests. – 2019. – № 7(10). – p. 1-13. – DOI: 10.3390/f10070549

11. Podurets O.I. Ecological aspect of the development of soil-forming processes at the post-technogenic stage. / O.I. Podurets, M.A. Osintseva // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing. – 2021. – Vol. 937. - № 2. – p. 022008. – DOI: 10.1088/1755-1315/937/2/022008.

12. Moghaddam M.H.R. Effect of environmental policies in combating aeolian desertification over Sejzy Plain of Iran. / M.H.R. Moghaddam // Aeolian Research. – 2018. – № 35. – p. 19-28. – DOI: 10.1016/j.aeolia.2018.09.001.

13. Plamping K. Effects of initial planting method on the performance of mixed plantings of alder and oak on compacted opencast coal-spoils, Wales: 10-year results. / K. Plamping // International Journal of Mining, Reclamation and Environment. – 2017. – № 4 (31). – p. 286–300. – DOI: 10.1080/17480930.2016.1139528

14. Dedova E.B. Land Degradation of the Republic of Kalmykia: Problems and Reclamation Methods. / E.B. Dedova, B.A. Goldvarg, N.L. Tsagan-Mandzhiev // Arid Ecosystems. – 2020. – № 2 (10). – p. 140–147. – DOI: 10.1134/S2079096120020043.

15. Pericak A.A. Mapping the yearly extent of surface coal mining in central appalachia using landsat and google earth engine. / A.A. Pericak // PLoS ONE. – 2018. – № 7 (13). – p. 1-15. – DOI: 10.1371/journal.pone.0197758

16. Firozjaei M.K. Monitoring and forecasting heat island intensity through multi-temporal image analysis and cellular automata-Markov chain modelling: A case of Babol city, Iran. / M.K. Firozjaei // Ecological Indicators. – 2018. – № 91. – p. 155-170. (accessed: 13.09.22). – DOI: 10.1016/j.ecolind.2018.03.052

17. Estoque R.C. Monitoring surface urban heat island formation in a tropical mountain city using Landsat data (1987–2015). / R.C. Estoque, Y. Murayama // ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. – 2017. – № 133. – p. 18-29. – DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2017.09.008.

18. Dement W.T. Plantation development and colonization of woody species in response to post-mining spoil preparation methods. / W.T. Dement // New Forests. – 2020. – № 6 (51). – p. 965–984. – DOI: 10.1007/s11056-019-09769-y

19. Limasset E. Points of attention in designing tools for regional brownfield prioritization. / E. Limasset, L. Pizzol, C. Merly et al. // Science of the Total Environment. – 2018. – № 622–623. – p. 997-1008. – DOI: 10.1590/S0101-74382010000200003

20. Song W. Progress in the remote sensing monitoring of the ecological environment in mining areas. / W. Song // International Journal of Environmental Research and Public Health. – 2020. – Vol. 17. - № 6. – p. 1-17. – DOI: 10.3390/ijerph17061846
21. Ignatyeva M. Recultivation of post-mining disturbed land: Review of content and comparative law and feasibility study. / M. Ignatyeva, V. Yurak, N. Pustokhina // Resources. – 2020. – Vol. 9. - № 6. – p. 1–17. – DOI: 10.3390/RESOURCES9060073
22. Krupskaya L.T. Remote sensing for environmental safety of forest ecosystems within the tailings impact of a closed tin ore company 2021. / L.T. Krupskaya // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing. – 2021. – Vol. 806. - №. 1. – p. 1-13. – DOI: 10.1088/1755-1315/806/1/012017.
23. Bian Z.F. Several basic problems in land restoration in mining areas. / Z.F. Bian, S.G. Lei, D. Jin et al. // Journal of China Coal Society. – 2018. – № 43. – p. 190-197.
24. Manakov Y. The best available techniques for disturbed lands reclamation in Kuzbass. / Y. Manakov, A. Kupriyanov // E3S Web of Conferences. EDP Sciences. – 2018. – Vol. 41. – p. 02006. (accessed: 13.09.22). – DOI: 10.1051/e3sconf/20184102006.
25. Lima A.T. The legacy of surface mining: Remediation, restoration, reclamation and rehabilitation. / A.T. Lima // Environmental Science and Policy. – 2016. – № 66. – p. 227-233. – DOI: 10.1016/j.envsci.2016.07.011
26. Rosa J.C.S. To what extent can mine rehabilitation restore recreational use of forest land? Learning from 50 years of practice in southwest Australia. / J.C.S. Rosa, D. Geneletti, A. Morrison-Saunders et al. // Land Use Policy. – 2020. – № 90. – p. 1-17. – DOI: 10.1016/j.landuse-pol.2019.104290
27. Udodov Yu.V. Geologo-geomorfologicheskaya charakteristika i polezny'e iskopaemy'e Kemerovskoj oblasti [Geological and geomorphological characteristics and minerals of the Kemerovo region]. / Yu.V. Udodov, N.T. Egorova, G.N. Bagmet // Vestnik Kemerovskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Biologicheskie, texnicheskie nauki i nauki o Zemle [Bulletin Of Kemerovo State University. Series: Biological, Engineering And Earth Sciences]. – 2017. – № 1. – p. 53 - 59. [in Russian]
28. Zenkov I.V. Distantionnoe zondirovanie v reshenii ekologicheskikh problem lesnoi rekultivatsii na ugolnikh karerakh Sibiri [Remote sensing in solving environmental problems of forest reclamation in coal pits in Siberia] / I.V. Zenkov // Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo aerokosmicheskogo universiteta im. akademika M.F. Reshetneva [The Siberian Aerospace Journal]. – 2016. – Vol. 17. – № 1. – p. 36-44. [in Russian]
29. Cherenev A.A. Ispolzovanie zemelnikh resursov dlya organizatsii turizma i otdikha v Tsentralnoi ekologicheskoi zone Baikalskoi prirodnoi territorii (na primere Irkutskoi oblasti) [The use of land resources for the organization of tourism and recreation in the Central ecological zone of the Baikal natural territory (on the example of the Irkutsk region)] / A.A. Cherenev // Sovremennye problemi servisa i turizma [Service and Tourism: Current Challenges]. – 2019. – Vol. 13. – № 1. – p. 107-116. – DOI: 10.24411/1995-0411-2019-10112 [in Russian]
30. Naumov I.V. Issledovanie prostranstvenny'x disproporcij v processax narusheniya i rekul'tivacii zemel'ny'x resursov Rossii [Study of spatial disproportions in the processes of disturbance and reclamation of land resources in Russia]. / I.V. Naumov // Izvestiya Ural'skogo gosudarstvennogo gornogo universiteta [News of the Ural State Mining University]. – 2019. – № 4 (56). – p. 143-152. – DOI: 10.21440/2307-2091-2019-4-143-152 [in Russian]
31. Petrenko I.E. Itogi raboty' ugol'noj promy'shlennosti Rossii za 2021 god [The results of the work of the Russian coal industry for 2021]. / I.E. Petrenko // Ugol' [Coal]. – 2022. – № 3. – p. 9-23. – DOI: 10.18796/0041-5790-2022-3-9-23 [in Russian]
32. Stas' I.N. Konceptii ozeleneniya i e'kologicheskaya problematika v sovetskix genplanax Surguta (1964-1990 gg.) [Landscaping concepts and environmental issues in the Soviet General plans of Surgut (1964-1990)]. / I.N. Stas' // Vestnik Surgutskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta [The Surgut State Pedagogical University Bulletin]. – 2017. – № 6(51). – p. 96-103. [in Russian]
33. Panov V.I. Konceptiya ustojchivogo razvitiya: e'kologicheskoe my'shlenie, soznanie, otvetstvennost' [The concept of sustainable development: ecological thinking, consciousness, responsibility]. / V.I. Panov, E'V Lidskaya // Vestnik Moskovskogo Gosudarstvennogo Gumanitarnogo universiteta imeni M. A. Sholoxova. Social'no-e'kologicheskie texnologii [Bulletin of the M. A. Sholokhov Moscow State University for the Humanities]. – 2012. – № 1. – p. 38-50. [in Russian]
34. Kozhevnikov N.V. Otechestvenny'j i zarubezhny'j opyt biologicheskoy rekul'tivacii narushenny'x zemel' [Domestic and foreign experience of biological reclamation of disturbed lands]. / N.V. Kozhevnikov, A.V. Zaushincena // Vestnik Kemerovskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Biologicheskie, texnicheskie nauki i nauki o Zemle [Bulletin Of Kemerovo State University. Series: Biological, Engineering And Earth Sciences]. – 2017. – № 1. – p. 43 - 47. [in Russian]
35. Shipilova A.M. Ocenka pochvenno-e'kologicheskogo sostoyaniya texnogenny'x landshaftov Kuzbassa v zavisimosti ot texnologii rekul'tivacii narushenny'x zemel' [Evaluation of the soil-ecological state of technogenic landscapes of Kuzbass depending on the technology of reclamation of disturbed lands]. / A.M. Shipilova, I.S. Semina // Izvestiya Ural'skogo gosudarstvennogo gornogo universiteta [News of the Ural State Mining University]. – 2017. – № 3(47). – p. 53-56. – DOI: 21440/2307-2091-2017-3-53-56 [in Russian]
36. Makarenko Ye.L. Otsenka rekreatsionnogo potentsiala lesov v Tsentralnoi ekologicheskoi zone Baikalskoi prirodnoi territorii [Assessment of the recreational potential of forests in the Central ecological zone of the Baikal Natural Territory] / Ye.L. Makarenko // Sovremennye problemi servisa i turizma [Service and Tourism: Current Challenges]. – 2019. – Vol. 13. – № 1. – p. 117-130. – DOI: 10.24411/1995-0411-2019-10113 [in Russian]
37. Danilov A.Yu. Plan razvitiya ekologicheskogo turizma natsionalnogo parka «russkii Sever»: vozmozhnosti i rekomendatsii [Russian North National Park Ecotourism Development Plan: opportunities and recommendations] / A.Yu. Danilov, D.A. Tsapuk // Servis v Rossii i za rubezhom [Service in Russia and Abroad]. – 2022. – Vol. 16. – № 2(99). – p. 121-133. – DOI: 10.24412/1995-042X-2022-2-121-133 [in Russian]

38. Zaushincena A.V. Reakciya dozhdevy'x chervej (sem. Lumbricidae) na izmenenie abioticheskix faktorov [Reaction of earthworms (family Lumbricidae) to changes in abiotic factors]. / A.V. Zaushincena, N.V. Skalon, A.S. Zaushincen // Vestnik Kemerovskogo gosudarstvennogo universiteta [Bulletin of Kemerovo State University]. – 2014. – № 1-1(57). – p. 7-13. [in Russian]
39. Klyushnichenko N.V. Rekreatsionnie i okhrannie zoni gorodskikh poselenii v sisteme zastroyki [Recreational and security zones of urban settlements in the building system] / N.V. Klyushnichenko // Geo-Sibir [Interexpo GEO-Siberia]. – 2007. – Vol. 2. – № 2. – p. 185-190. [in Russian]
40. Podurecz O.I. Texnologez i pochvoobrazovanie v Yuzhnoj lesostepi Kemerovskoj oblasti [Technogenesis and soil formation in the Southern forest-steppe of the Kemerovo region]. / O.I. Podurecz // Vestnik Kemerovskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Biologicheskie, texnicheskie nauki i nauki o Zemle [Bulletin of Kemerovo State University. Series: Biological, Technical and Earth Sciences]. – 2018. – № 1(5). – p. 68-73. – DOI: 10.21603/2542-2448-2018-1-68-73. [in Russian]
41. Zaushincena A.V. Texnologez pochvennogo pokrova v rajonax razrabotki ugol'ny'x mestorozhdenij Kuzbassa [Technogenesis of soil cover in the areas of development of coal deposits in Kuzbass]. / A.V. Zaushincena, N.V. Kozhevnikov // Vestnik Kemerovskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Biologicheskie, texnicheskie nauki i nauki o Zemle [Bulletin of Kemerovo State University. Series: Biological, Technical and Earth Sciences]. – 2017. – № 1(1). – p. 4-9. [in Russian]
42. Sady'kova G.E'. E'kologo-e'konomicheskoe obosnovanie perspektiv ispol'zovaniya zemel' posle rekul'tivacii v Respublike Kry'm [Ecological and economic substantiation of the prospects for land use after reclamation in the Republic of Crimea]. / G.E'. Sady'kova // E'konomika stroitel'stva i prirodopol'zovaniya [Economics of construction and nature management]. – 2018. – № 4(69). – p. 71-78. [in Russian]
43. Iglovikov A. Reclamation of Mechanically Disturbed Soils Using Forest Plantations. / A. Iglovikov, O. Kulyasova, N. Sannikova // XIV International Scientific Conference "INTERAGROMASH 2021"; – Cham: Springer, 2022. – p. 395-403.
44. Shherbak V.G. Vozmozhnost' ispol'zovaniya bioindikatory'x metodov dlya integral'noj ocenki sostoyaniya okruzhayushhej sredy' i e'kologicheskoy situacii v promy'shlenny'x gorodax Kuzbassa [The possibility of using bioindicator methods for an integrated assessment of the state of the environment and the ecological situation in the industrial cities of Kuzbass]. / V.G. Shherbak // Problems of environmental protection and rational use; edited by . N. Gagina, A.T. Mal'ceva, M. M. Rachkovskaya – Kemerovo: Kemerovskij gosudarstvenny'j universitet, KemGU, 1978. – p. 43-49. [in Russian]
45. Malkov A.L. Perspektivy' ispol'zovaniya metoda e'kologicheskogo kartografirovaniya dlya integral'noj ocenki sostoyaniya okruzhayushhej sredy' v Kuzbasskom promy'shlennom regione [Prospects of using the method of ecological mapping for an integrated assessment of the state of the environment in the Kuzbass industrial region]. / A.L. Malkov // Problems of environmental protection and rational use; edited by T. N. Gagina, A.T. Mal'ceva, M. M. Rachkovskaya – Kemerovo: Kemerovo: Kemerovskij gosudarstvenny'j universitet, KemGU, 1978. – p. 5-29. [in Russian]
46. Malkov L.N. Problemy' prirodny'x landshaftov [Problems of natural landscapes]. / L.N. Malkov, Z.A. Sovetova // Problems of protection and rational nature management; edited by Gagina T. N., Mal'ceva, A.T., Rachkovskaya M. M. – Kemerovo: Kemerovskij gosudarstvenny'j universitet, 1978. – p. 64-69. [in Russian]
47. Coal 2021 [Electronic source] // IEA. Paris . – 2021. – URL: <https://www.iea.org/reports/coal-2021>. (accessed: 11.08.22)
48. Vikipediya, svobodnaya e'nciklopediya [Wikipedia, the free encyclopedia] [Electronic source] // Geography of the Kemerovo region. – 2020. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/География_Кемеровской_области. (accessed: 08.08.20) [in Russian]
49. Ministerstvo ugol'noj promy'shlennosti Kuzbassa [Ministry of Coal Industry of Kuzbass] [Electronic source] // Official website of the Ministry of Coal Industry of Kuzbass. – 2020. – URL: <https://mupk42.ru/ru/industry/pokazateli/>. (accessed: 08.08.20) [in Russian]
50. Nacional'naya sistema prostranstvenny'x danny'x» budet sposobstvovat' intensivnomu razvitiyu cifrovizacii v oblasti geodezii i kartografii [The National Spatial Data System" will contribute to the intensive development of digitalization in the field of geodesy and cartography] [Electronic source] // Press Center of the Rosreestr Administration for the Kemerovo region – Kuzbass. – 2020. – URL: <https://rosreestr.gov.ru/press/archive/artem-rada-programma-natsionalnaya-sistema-prostranstvennykh-dannykh-budet-sposobstvovat-intensivno/>. (accessed: 08.08.20) [in Russian]
51. Pravovoj sajt «Konsul'tantPlyus» [Legal website "ConsultantPlus"] [Electronic source] // Decree of the Government of the Russian Federation of 10.07.2018 N 800 (ed. of 07.03.2019) "On land reclamation and conservation" (together with the "Rules for land reclamation and conservation"). – 2020. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_302235. (accessed: 08.08.20) [in Russian]
52. Studenty' i prepodavateli KemGU mogut prisoedinit'sya k rekul'tivacii na Moxovskom ugol'nom razreze [KemSU students and teachers can join the reclamation at the Mokhovsky coal mine] [Electronic source] // Press Center of Kemerovo State University. – 2020. – URL: <https://kemsu.ru/news/838-studenty-i-prepodavateli-kemgu-prisoedinyatsya-k-rekultivatsii-na-mokhovskom-ugolnom-razreze/>. (accessed: 08.08.20) [in Russian]
53. E'lektronny'j fond aktual'ny'x pravovy'x i normativno-texnicheskix dokumentov [Electronic fund of current legal and regulatory documents] [Electronic source] // GOST R 57446-2017. National Standard of the Russian Federation. The best available technologies. Reclamation of disturbed lands and land plots. Restoration of biological diversity (approved and put into effect by the Order of Rosstandart dated 18.04.2017 N 283-st). – 2020. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200145085> . (accessed: 08.08.20) [in Russian]
54. Doklad o sostojanii i ohrane okruzhajushhej sredy Kemerovskoj oblasti – Kuzbassa v 2019 godu [Report on the state and environmental protection of the Kemerovo region – Kuzbass in 2019]. – Kemerovo : Department of Natural Resources and Ecology of the Kemerovo Region, 2020. – 219 p. [in Russian]

55. Rada A.O. Organizacionno-jekonomicheskij mehanizm vnedrenija cifrovyh tehnologij na predpriyatijah sel'skogo hozjajstva: na materialah Kemerovskoj oblasti - Kuzbassa [Organizational and economic mechanism for the introduction of digital technologies at agricultural enterprises: based on the materials of the Kemerovo region - Kuzbass]: autoabstract. thesis. ... PhD in Economic Sciences / A.O. Rada. - Novosibirsk, 2020. - 27 p. [in Russian]

56. Problemy ohrany i racional'nogo prirodopol'zovanija [Problems of protection and rational nature management] / ed. by T. N. Gagin, A.T. Maltsev, M. M. Rachkovskaya. - Kemerovo : Kemerovo State University. 1978. - 149 p. [in Russian]