

Н. В. Бурова, Е. А. Дюкова

**ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ВЫБОРА
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ
ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ
ТЕХНОГЕННО НАРУШЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ**

Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия

Поступила в редакцию 05.05.2024 г.

Принята к публикации 16.06.2024 г.

doi: 10.5922/vestniknat-2024-3-7

Для цитирования: Бурова Н. В., Дюкова Е. А. Эколого-географические предпосылки выбора технологических решений для проведения биологической рекультивации техногенно нарушенных территорий // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Естественные и медицинские науки. 2024. №3. С. 89–101. doi: 10.5922/vestniknat-2024-3-7.

Более половины каменного угля России добывают в Кемеровской области. К сожалению, угледобыча наносит значительный ущерб окружающей среде и является одним из наиболее опасных видов деятельности человека. Угольные отвалы способствуют деградации растительного покрова, фауны, сельскохозяйственных и лесных земель. Классические методы рекультивации демонстрируют ограниченную эффективность и нуждаются в доработке, поэтому в статье поставлена цель на основе эколого-географических параметров района провести разработку предварительных технологических решений по биологической рекультивации отвала угольного разреза Кемеровской области, расположенного в Прокопьевском районе. Для этой цели была проведена аэрофотосъемка при помощи DJI Matrice 30 и лазерного сканирования с применением Slam сканер robotslam lite и изучены климатические и ботанико-географические характеристики района. В результате анализа полученных данных было определено, что в целом природно-климатические условия района благоприятны и позволяют выполнить рекультивационные работы по созданию лесных и травянистых насаждений санитарно-защитного, лесохозяйственного и сельскохозяйственного назначения. На первом этапе необходимо создать благоприятный корнеобитаемый слой с применением потенциально плодородных пород и гумусированного материала плодородных слоев почв. На биологическом этапе рекультивации для формирования почвенно-растительного слоя планируется использовать местные древесные и кустарниковые виды растений, а также плодово-ягодные культуры.

Ключевые слова: техногенно нарушенные территории, угольный отвал, биологическая рекультивация, эколого-географический анализ

Введение

Кузнецкий угольный бассейн является одним из крупнейших в мире месторождений высококачественного угля. Вопреки тенденции к переходу на альтернативные источники энергии объемы добычи угля про-



должают расти, причем для этого все больше используют открытый способ. Несмотря на прогрессивность и низкую стоимость открытой добычи угля, данный метод оказывает значительно более быстрое и серьезное воздействие на ландшафт района добычи угля и сопутствующие территории, поэтому тема восстановления нарушенных почв и ландшафтов приобретает существенное значение и актуальность [1; 2].

Эксплуатация открытых каменноугольных месторождений приводит к извлечению на поверхность неплодородного грунта. Этот грунт представляет собой комбинацию вмещающих и вскрышных пород, включая слои угля, не пригодные для промышленного использования, что ведет к уничтожению огромных площадей природных экосистем. Низкая гидроупорность пород, образующих отвал, ограничивает укоренение и рост растений. Добыча полезных ископаемых этим способом требует проведения долгосрочных мероприятий по восстановлению естественного ландшафта [3].

В Кузбасском регионе преобладает метод лесной рекультивации, где основным растением для применения является сосна обыкновенная. Однако, к сожалению, данный подход к рекультивации не способен обеспечить достаточно быстрое восстановление почв, поврежденных техногенными процессами. В этой связи требуется поиск эффективных альтернативных методов восстановления, заменяющих традиционные подходы [4].

Планирование рекультивационных мероприятий — технически сложный процесс, требующий комплексного анализа объема и характера нарушенной земной поверхности. В соответствии с нормативами по рекультивации и консервации территорий (Постановление Правительства Российской Федерации от 10.07.2018 г. № 800) проектирование мероприятий по восстановлению земель проводится с принятием во внимание общей площади поврежденных участков и степени их деградации, основанных на результатах проведенного обследования территорий, а также с учетом региональных природно-климатических условий и местоположения участка. При этом в каждом конкретном случае необходимо основываться прежде всего на данных о геометрических характеристиках объекта, планируемого к рекультивации [4; 5].

Современные технические возможности и тенденции цифровизации угольной отрасли позволяют осуществить сбор необходимой информации в дистанционном режиме с помощью беспилотных летательных аппаратов, не подвергая специалистов рискам нахождения на отработанной территории и, в сравнении с полевыми методами, дают возможность выполнять работы в разы быстрее. Кроме того, получение цифровых геопространственных данных (ортофотопланов, карт нормализованного относительного вегетационного индекса, цифровых моделей рельефа) по участкам биологической рекультивации в динамике и их последующий анализ способствуют наиболее эффективной оценке процессов, протекающих в результате рекультивационных мероприятий [6; 7].



Таким образом, в исследовании решалась задача по анализу эколого-географических условий района, где происходила добыча угля открытым способом для разработки технологических решений по биологической рекультивации.

Материалы и методы исследований

В 2022 г. специалистами Кемеровского государственного университета была проведена аэрофотосъемка при помощи DJI Matrice 30 и лазерного сканирования с применением Slam сканера RobotSLAM Lite. В результате плановой аэрофотосъемки из множества фотоснимков был собран фотоплан местности, имеющий сантиметровую геодезическую точность.

Климатические показатели местности были получены от угольного разреза, на территории которого находится отвал, и метеорологической станции М-II Новокузнецк.

Результаты и их обсуждения

Общая характеристика района исследований

Местонахождение экспериментального участка – Кемеровская область, Прокопьевский район, отвал угольного разреза Кемеровской области.

Разрез затрагивает территории Новокузнецкого и Прокопьевского районов Кузбасса. В состав угольного месторождения входят три карьерных поля. На территории угольного разреза не расположены населенные пункты, однако в непосредственной близости, на расстоянии 8–10 км, находятся одна деревня и одно село. Крупные города Кемеровской области располагаются в 25–30 км от разреза.

Ландшафт территории представляет собой холмистую местность с небольшими перепадами высот в диапазоне от 300 до 350 м, пронизанную сетью рек и ручьев. Водные ресурсы Прокопьевского района, к которым относятся ручьи, родники, реки, принадлежат бассейнам Чумыша, Ини и Томи, впадающих в Обь – одну из крупнейших рек Азии. Среди значимых водотоков района выделяются реки Аба, Ускат, Томь-Чумыш и Кара-Чумыш, последние две из которых являются началом реки Чумыш.

Западная часть района располагается на участке древнего Салаирского кряжа, который сегодня представляет собой холмистую равнину, поскольку сам кряж был разрушен вследствие длительных эрозийных процессов. Ландшафт западной части района относится к лесостепи. Район находится в резко континентальном климатическом поясе. Зима в данном районе наступает в ноябре, а заканчивается только в апреле. В декабре и январе отмечаются рекордно низкие температуры, минимум которых может достигать $-43,9^{\circ}\text{C}$. Самым теплым месяцем считается июль со средней температурой $+19,4^{\circ}\text{C}$. Максимально высокая температура, отмеченная в июле, составила $36,7^{\circ}\text{C}$ [8].



Примерно одна треть Проклопьевского района покрыта лесами, которые преобладают на западной территории Салаирского края. Иногда такие леса называют Салаирской тайгой, так как они богаты деревьями хвойных пород (пихтой, кедром и елью), осинами и березами. Доля деревьев лиственных пород в некоторых местах Салаирского края может достигать 40 % от общего их числа. В Салаирском лесу обильно растут черемша (колба), медуница, крапива, марьин корень. Данные травы могут встречаться как на открытых полянах леса, так и на опушках. Болотистая местность леса богата диким луком, горная местность леса — лабазником, живокостью, мать-и-мачехой, синюхой, вехом ядовитым, борцом, багульником, торфяным мхом, аиром болотным.

Сегодня в лесах Салаирской тайги обитают разнообразные животные, включая рысь, бурого медведя, крота, белку, бурундука, барсука, росомаху, косулю, выдру, колонка. В лесостепной зоне Салаирского леса можно встретить хомяков, сурков и сусликов, волков, зайца-беляка и красную лисицу. Очень часто в данных местах встречаются лоси и косули [9].

Среди пернатых в лесах Салаирского края можно увидеть диких гусей, перепелов, нырковых уток, вальдшнепов, воронов, воробьев и сорок [9].

Растительный покров рассматриваемой территории представлен зональными типами — лесами и лугами — и интразональными — прибрежно-водными зарослями тростника. На лугах исследуемой территории велась различная хозяйственная деятельность (сенокосение, выпас скота и т. д.), в результате которой нативный травяной покров был нарушен человеком, поэтому видовое разнообразие растительности резко сократилось. Заброшенные участки пашни заняты серийными сообществами процесса восстановления растительности и занимают довольно большие площади. Они представлены молодыми разновозрастными березняками семенного происхождения, которые сочетаются с открытыми участками формирующейся луговой растительности. Широкое распространение зарослей тростника связано с недавним существованием мелководного пруда и может также рассматриваться как пример антропогенной смены растительности (заболачивание по мере зарастания пруда). Леса занимают не более 30 % рассматриваемой территории. Древостой образован преимущественно березой и осиной с примесью сосны. Травяной ярус лесов мощно и хорошо развит. Травостой неясно разделен на 2—3 подъяруса. В верхнем подъярусе часто доминирует папоротник-орляк, в нижних — коротконожка перистая, вейник тростниковидный и осока большехвостая. На рассматриваемой территории виды растений, включенные в Красные книги РФ и Кемеровской области, не обнаружены [10; 11].

Фауна беспозвоночных на исследуемой площади достаточно разнообразна. Наибольшее количество видов приурочено к участкам лесных и пойменных угодий. Фауна наземных позвоночных территории расположения объекта является обедненным вариантом типичной фауны Европейско-Обской подобласти Палеарктики с участием степных и аграрных видов. Характерный набор видов сильно трансформированных



местообитаний определяет доминирование здесь широко распространенных форм с высокой экологической валентностью и синантропных форм. В районе исследуемого участка постоянно обитающие представители редких и исчезающих видов животного мира отсутствуют. Тем не менее представители хищных птиц встречаются на сопредельных территориях и имеют обширные охотничьи угодья, в связи с чем они могут бывать здесь в процессе охоты. Гнездования не отмечены. В районе хозяйственной деятельности обнаружено обитание 34 видов млекопитающих. В пределах участка разреза сплошным учетом, проведенным в сентябре 2023 г., зафиксированы 2 степных хоря, 3 колонка, 11 зайцев-беляков. Промысловая охота на данной территории никогда не осуществлялась. Любительская охота достаточно ограничена вследствие того, что перемещения по дорогам данной территории регламентируются службой охраны существующей здесь системы угледобывающих предприятий [11].

Климатические условия

Для обоснования рекультивационных мероприятий необходимо учитывать климатические условия выполнения работ. Кузнецкая котловина, в пределах которой расположен участок открытых горных работ угольного разреза, находится в юго-восточной части Западно-Сибирской равнины. Исследуемый район характеризуется резко континентальным климатом, который включает в себя долгую холодную зиму и короткое жаркое лето. Климат в этом районе в значительной степени определяется атмосферными потоками из районов Северного Ледовитого океана и Атлантики. Преобладающими в течение года ветрами являются юго-западные со средней скоростью 4–5 м/с, в среднем за год насчитывается до 22–26 дней с сильными ветрами, скорость которых составляет 15 м/с и больше. Зимой часто бывают метели и бураны [8].

Неоднородность рельефа территории оказывает значительное воздействие на формирование уникального климата и локальную циркуляцию воздушных масс. Горные хребты Салаира и Кузнецкого Алатау, простирающиеся с севера на юг, служат барьером для движения воздушных потоков с северо-запада и юго-запада в Кузнецкую котловину. Это приводит к конденсации влаги и выпадению осадков на склонах гор, а также на прилегающих равнинных территориях.

Летом проникновение арктических и континентальных воздушных потоков, отличающихся низкой влажностью, способствует формированию солнечной и жаркой погоды. В то же время вторжение атлантических циклонов обуславливает появление более прохладной и влажной атмосферы. Зимой же климатические условия в регионе во многом зависят от Азиатского антициклона, который является сибирским максимумом высокого давления.

Зима на данной территории довольно продолжительная. Ее особенностью — наличие большого количества снега, ветра и метелей. Осадки, выпавшие за холодный период, могут существенно пополнять весенние запасы влаги в почве, увеличивая их на 50 % и более. Основные показатели климатических условий показаны в таблице 1.



Таблица 1

Общая характеристика климата района

| Наименование | Параметр |
|---|----------|
| Продолжительность инсоляции (год), ч | 1829 |
| Количество дней без солнца, дней | 67 |
| <i>Среднемесячная температура воздуха, °С</i> | |
| Теплого периода времени года (июля) | 18,8 |
| Холодный период года (января) | -17,3 |
| Средняя температура в течение года | 0–1,0 |
| Абсолютный максимум температуры | 36,4 |
| Абсолютный минимум температуры | -54,5 |
| <i>Количество осадков, мм</i> | |
| В теплый период времени года (апрель – октябрь) | 335 |
| В холодный период времени года (ноябрь – март) | 111 |
| Вегетационный период | 233 |
| Количество осадков в течение года | 445 |
| <i>Продолжительность периода со среднесуточной температурой 0°С, дней</i> | |
| Продолжительность теплого периода | 192 |
| Продолжительность холодного периода | 173 |
| Продолжительность безморозного периода | 126 |

94

В результате того что данная территория находится вблизи Салаирского кряжа, количество осадков в разные годы может значительно колебаться в зависимости от ветрового режима. Доля зимних осадков в весеннем увлажнении почвы зависит от величины его накопления и формы рельефа, в результате чего значительная часть воды, стекая и испаряясь, не поступает в почву. За пять зимних месяцев выпадает до 25–27 % от годовой суммы осадков (табл. 2).

Таблица 2

Среднемесячная температура и осадки

| Показатель | Январь | Февраль | Март | Апрель | Май | Июнь | Июль | Август | Сентябрь | Октябрь | Ноябрь | Декабрь | Год |
|-------------------------|--------|---------|------|--------|-----|------|------|--------|----------|---------|--------|---------|-----|
| Средняя температура, °С | -17,7 | -15,9 | -9,1 | 1,0 | 9,6 | 16,0 | 18,3 | 15,7 | 9,7 | 1,7 | -9,0 | -15,6 | 0,4 |
| Норма осадков, мм | 13 | 10 | 12 | 25 | 42 | 56 | 74 | 56 | 38 | 37 | 51 | 21 | 415 |

Лето в исследуемом районе короткое, но с умеренным количеством солнечных дней и большим количеством осадков, которые в течение года распределяются неравномерно. Наибольшее их количество выпадает в июне (76 мм).

Образование устойчивого снежного покрова происходит в середине ноября. В зимние месяцы формируется постоянный слой снега и часто, в более чем 70 % случаев, устанавливается холодная погода с дневными температурами от -22 до -30 °С. Господствующий антициклон в это время года способствует установлению ясной и холодной погоды [10].



В середине апреля в исследуемом районе наступает весна. Погодные изменения происходят очень резко. Именно в этот месяц устанавливается переходной период, в котором наблюдается повышение температуры воздуха и становление положительных значений. Благодаря более устойчивой положительной температуре воздуха в течение дня снежный покров начинает таять.

Территория изучаемого отвала угольного разреза находится в III гидротермической зоне, в которой преобладают лесостепь и низкогорный рельеф [12]. По гидроряду исследуемая территория относится к умеренно увлажненной (гидротермический коэффициент варьируется от 1,1 до 1,4).

Летний период 2023 г. отмечался как наиболее жаркий и засушливый по сравнению со среднемноголетними данными температуры и осадков. В этот период гидротермический коэффициент в исследуемой области достиг значения 1,1.

Анализ температурных изменений за май – октябрь 2023 г. показывает, что температура воздуха в июне и июле превышала средние значения (рис. 1). В сентябре было отмечено незначительное снижение температуры воздуха в сравнении с средними температурными значениями. В связи с тем что данный период короткий, он не является критичным.

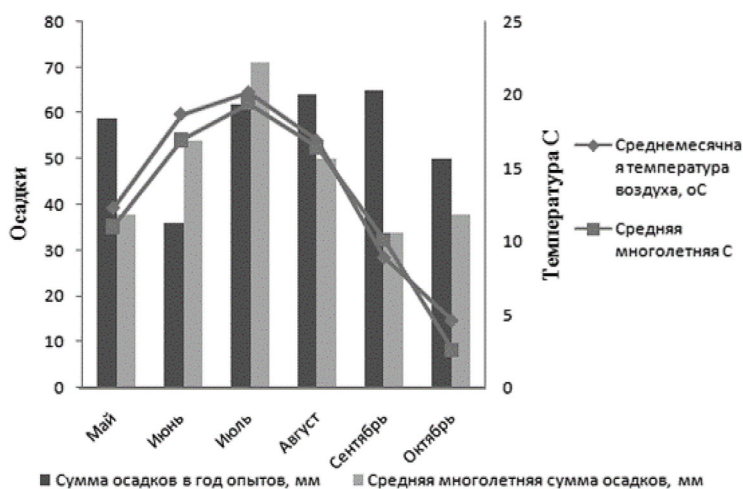


Рис. 1. Климатограмма погодных условий в период опыта

Установлено, что в июне наблюдалось минимальное количество осадков, и это негативно сказалось на активности микрофлоры почвы (рис. 1).

Таким образом, в целом природно-климатические условия района благоприятны и позволяют выполнять рекультивационные работы по созданию лесных и травянистых насаждений санитарно-защитного, лесохозяйственного и сельскохозяйственного назначения на поверхности техногенных ландшафтов. Однако без формирования благоприятного корнеобитаемого слоя климатические ресурсы будут расходоваться нерационально. Это связано с тем, что неблагоприятные физические условия на поверхности отвала не позволят создать достаточные запасы

влаги в корнеобитаемом слое, а повышенная температура поверхности отвала будет способствовать усилению испарения в корнеобитаемом слое. Поэтому рекультивационные мероприятия будут характеризоваться небольшой почвенно-экологической эффективностью, что может значительно ограничить возможность создания и использования рекультивированных участков по сельскохозяйственному направлению.

Ботанико-географическая характеристика района исследований

Для оценки ботанико-географической характеристики применяли карту районирования А.В. Кумина. В результате установлено, что исследуемый район относится к центральному подрайону Том-Кондомской предгорной зоны (рис. 2).

96



Рис. 2. Ботанико-географическое районирование зоны исследования [13]

Согласно ботанико-географической характеристике исследуемый район является переходным. На его территории наблюдается переход горной местности (горы Кузнецкого Алатау) к равнине, характеризующейся наличием степей и низкогорным рельефом. Почвенный покров разнообразный. Преобладает лесостепь, повышенная заселенность кото-



рой наблюдается к юго-востоку. Лесостепь богата березами и осинами. Также в районе встречаются суходольник, луга, разновозрастные залежи и пахотные угодья. Стоит также отметить, что ландшафт района носит черты вторичности [13].

Исследуемый район располагается в основном в южной части Кузнецкой котловины.

Уничтожение леса в последнее столетие повлекло за собой резкое увеличение открытых безлесных пространств, которые в настоящее время заняты под пашни или представляют из себя суходольные луга с большим участием в травостое лесных форм.

Предварительный выбор технологических решений для проведения биологической рекультивации

Согласно ГОСТ 17.5.1.02-85 в России работы по рекультивации техногенной земли ведут по следующим направлениям: сельскохозяйственное, лесохозяйственное, санитарно-гигиеническое, водохозяйственное, рекреационное и строительное. При этом, если есть возможность, предпочтение необходимо отдавать сельскохозяйственной рекультивации земли. В рамках данного направления создаются пашни, сады, сенокосы и другие сельскохозяйственные угодья. Однако эффективность сельскохозяйственной рекультивации земли в Сибири может быть снижена ввиду сложных климатических условий, описанных выше. Поэтому на нарушенных землях необходимо дополнительно проводить почвенно-экологические мероприятия, направленные на повышение их питательных свойств [14].

С целью вариативности проведения экспериментальных работ были разработаны предварительные технологические решения для проведения биологической рекультивации.

На техническом этапе происходит формирование рельефа и поверхностных слоев техногенного ландшафта, включающее горизонтальную планировку поверхности и выполаживание склонов. При формировании горизонтальных и слабонаклонных участков на поверхность рекомендуется отсыпать потенциально плодородные породы (ППП), то есть породы, максимально пригодные для почвообразования. Еще более активно восстановление функций ландшафта происходит в районах, где для отсыпки поверхности используют гумусированный материал плодородных слоев почв (ПСП), предварительно складированных при разработке месторождений [15]. В районах дефицита ресурсов ПСП допускается его разбавление другими, в основном суглинистыми, породами. Технология восстановления почвы с использованием ПСП и ППП и формированием насыпных почв – техноземов [16] – предполагает формирование почвоподобных образований, которые по своему морфологическому строению в определенной мере копируют строение ненарушенных почв. Однако, как показывает практика, видимое сходство совсем не означает, что удалось сформировать устойчивое естественно-историческое образование – почву. Почва формируется тысячелетиями и поэтому ее свойства и режимы сбалансированы с окружающей средой и находятся в постоянном динамическом равновесии. При формировании искусственных почв мы не можем сразу создать и обеспечить устойчивое состояние почвоподобного образования, так как его свойства и режимы функциониру-



ния разбалансированы, а его отдельно отсыпанные горизонты никак не взаимосвязаны. Взаимосвязь горизонтов восстанавливается постепенно, только при активизации всего комплекса процессов почвообразования, состоящего из элементарных химических, физических и биологических процессов. Поэтому на начальных этапах освоения рекультивированных почв — техноземов — необходимо проведение мероприятий, направленных на восстановление почвообразования на нарушенной территории через активизацию биологических процессов и создание благоприятных физических режимов в корнеобитаемом слое.

В настоящее время основным способом создания благоприятного корнеобитаемого слоя является отсыпка ранее снятого с естественных почв материала ПСП. При этом не учитывается его мощность в природных почвах, а также технология снятия и складирования. В процессе снятия и хранения ПСП происходит его деградация, поэтому на нарушенную поверхность отсыпается относительно инертный материал, сохранивший в той или иной степени основные параметры плодородия ПСП. Его физические свойства, а именно соотношение фракций физической глины и песка, остаются практически неизменными. Также прежней остается минеральная основа с преобладанием вторичных минералов. Именно эти свойства плюс содержание гумуса в любом случае обуславливают высокую ценность ПСП. Поэтому ПСП остается самым ценным и благоприятным ресурсом рекультивации [17].

Основной задачей биологического этапа является формирование на поверхности техногенного ландшафта почвенно-растительного слоя, параметры которого должны отвечать целям рекультивации. Для этого планируется использовать древесные виды растений: тополь, вяз, черемуху, березу повислую, рябину. Также для биологической рекультивации применяют кустарники (шиповник, ронию и лох серебристый), плодово-ягодные растения (жимолость, облепиху, малину и смородину). В рамках сельскохозяйственной рекультивации планируется создать пашни, в которой будут засеяны овес, пшеница, кукуруза, горох и кормовые культуры.

Заключение

Таким образом, было проведено исследование эколого-географических условий участков открытых каменноугольных месторождений — отвал угольного разреза Кемеровской области. По итогам исследования было определено, что район исследования расположен в резко континентальном климатическом поясе. Для района характерна продолжительная холодная зима и короткое лето с неравномерным распределением осадков в течение года. Особенностью ландшафта является лесостепь, повышенная заселенность которой наблюдается к юго-востоку. Лесостепь богата березами и осинами. Также в районе встречаются суходольник, луга, разновозрастные залежи и пахотные угодья.

По предварительным расчетам согласно эколого-географическим параметрам района, в котором планируется рекультивация, природно-климатические условия в целом благоприятны и позволяют выполнить рекультивационные работы по созданию лесных и травянистых насаждений санитарно-защитного, лесохозяйственного и сельскохозяйственного



назначения на поверхности техногенных ландшафтов. Для формирования благоприятного корнеобитаемого слоя планируется использовать ППП и ПСП, а для формирования почвенно-растительного слоя – древесные, кустарниковые и плодово-ягодные виды растений. Установлено, что данные растения обильно представлены на исследуемой территории.

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». При финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (соглашение № 075-15-2022-1200 от 28.09.2022 г.).

Список литературы

1. Петренко И. Е. Итоги работы угольной промышленности России за январь – декабрь 2022 года // Уголь. 2023. №3 (1165). С. 21–32. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/itogi-raboty-ugolnoy-promyshlennosti-rossii-za-yanvar-dekabr-2022-goda> (дата обращения: 11.08.2023).
2. Удодов Ю. В., Егорова Н. Д., Багмет Г. Н. Геолого-геоморфологическая характеристика и полезные ископаемые Кемеровской области // Вестник КемГУ. Сер.: Биологические, технические науки и науки о Земле. 2017. №1. С. 53–59.
3. Kuznetsova I. V. Green technologies in land reclamation for coal mining enterprises // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. Vol. 408. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/408/1/012075>.
4. Юрченко Ю. В. Требования к рекультивации нарушенных земель // Экология производства. 2020. №2. С. 100–108.
5. *О проведении рекультивации и консервации земель (вместе с «Правилами проведения рекультивации и консервации земель»): постановление Правительства РФ от 10.07.2018 г. №800 (ред. от 07.03.2019). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_302235/90e01d185047971fe921b2bb4ea2abe4389a57d5 (дата обращения: 11.08.2023).*
6. Аксенова О. Ю., Овсянникова Е. А., Пачкина А. А. Использование средств трехмерной графики при планировании рекультивационных работ // Кибернетика и программирование. 2017. №5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-sredstv-trehmernoj-grafiki-pri-planirovanii-rekultivatsionnyh-rabot> (дата обращения: 11.08.2023).
7. Миков Л. С., Счастливец Е. Л., Андроханов В. А. Оценка эффективности рекультивации на участках разреза «Назаровский» с помощью данных дистанционного зондирования // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2023. №1. С. 70–83. URL: https://www.giab-online.ru/files/Data/2023/1/2023_1_70-83.pdf (дата обращения: 11.08.2023).
8. *Агроклиматические ресурсы Кемеровской области. Л., 1973.*
9. Макеева Н. А., Неверова О. А. Обзор методов ускоренной рекультивации нарушенных угледобычей земель // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2016. №8. С. 77–86.



10. Хмелев В. А., Танасиенко А. А. Почвенные ресурсы Кемеровской области и основы их рационального использования. Новосибирск, 2013.
11. Ковалевский А. В., Тарасова И. В., Лучникова Е. М. и др. Лесная рекультивация угольных отвалов с позиции сохранения фаунистического разнообразия Кузбасса // Лесоведение. 2021. №5. С. 509 – 522.
12. Трофимов С. С. Экология почв и почвенные ресурсы Кемеровской области. Новосибирск, 1975.
13. Куминова А. В. Растительность Кемеровской области. Новосибирск, 1949.
14. ГОСТ 17.5.1.02-85. Охрана природы. Земли. Классификация нарушенных земель для рекультивации. Дата введения: 1986-01-01. М., 1986.
15. Соколов Д. А. Диверсификация почвообразования на отвалах угольных месторождений Сибири : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Новосибирск, 2019.
16. Андроханов В. А., Курачев В. М. Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов: динамика и оценка. Новосибирск, 2010.
17. ГОСТ Р 57446-2017. Наилучшие доступные технологии. Рекультивация нарушенных земель и земельных участков. Восстановление биологического разнообразия. Введ.: 2017-12-01. М., 2019.

Об авторах

Надежда Владимировна Бурова — руководитель Центра ландшафтной архитектуры, Кемеровский государственный университет, Россия.
E-mail: centr1a@mail.ru

Евгения Алексеевна Дюкова — мл. науч. сотр. Лаборатории по созданию посадочного материала повышенной приживаемости, Кемеровский государственный университет, Россия.
E-mail: jeniadulova@mail.ru

N. V. Burova, E. A. Dyukova

ECOLOGICAL AND GEOGRAPHICAL PREREQUISITES FOR THE SELECTION OF TECHNOLOGICAL SOLUTIONS FOR BIOLOGICAL RECLAMATION OF DISTURBED LANDS

Kemerovo State University, Kemerovo, Russia

Received 05 May 2024

Accepted 16 June 2024

doi: 10.5922/vestniknat-2024-3-7

To cite this article: Burova N. V., Dyukova E. A., 2024, Ecological and geographical prerequisites for the selection of technological solutions for biological reclamation of disturbed lands, *Vestnik of Immanuel Kant Baltic Federal University. Series: Natural and Medical Sciences*, №3. P. 89 – 101. doi: 10.5922/vestniknat-2024-3-7.

More than half of Russia's coal is extracted in the Kemerovo region. Unfortunately, coal mining causes significant environmental damage and is one of the most hazardous human activities. Coal dumps contribute to the degradation of vegetation, fauna, agricultural, and



forest lands. Traditional reclamation methods have shown limited effectiveness and require improvement. Therefore, the aim of this article is to develop preliminary technological solutions for the biological reclamation of a coal mine dump in the Kemerovo region, located in the Prokopyevsky district, based on the area's ecological and geographical parameters. For this purpose, aerial photography using a DJI Matrice 30 and laser scanning with a Slam scanner (robotslam lite) were conducted, and the climatic and botanical-geographical characteristics of the area were studied. As a result of the data analysis, it was determined that, overall, the natural and climatic conditions of the area are favorable and allow for reclamation work aimed at creating forest and grassy plantings for sanitary-protective, forestry, and agricultural purposes. In the first stage, it is necessary to create a favorable root zone using potentially fertile rocks and humus-rich materials from fertile soil layers. In the biological stage of reclamation, local tree and shrub species, as well as fruit and berry crops, are planned to be used to form the soil-plant layer.

Keywords: coal dump, biological reclamation, disturbed areas, ecological and geographical analysis

The authors

Nadezhda V. Burova, Head of the Center for Landscape Architecture, Kemerovo State University, Russia.

E-mail: elen.ulrich@mail.ru

Evgenia A. Dyukova, junior researcher at the Laboratory for the creation of planting material with increased survival rate, Kemerovo State University, Russia.

E-mail: jeniadulova@mail.ru