

Интернет-журнал «Отходы и ресурсы» <https://resources.today>  
Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling

2024, Том 11, № 2 / 2024, Vol. 11, Iss. 2 <https://resources.today/issue-2-2024.html>

URL статьи: <https://resources.today/PDF/03NZOR224.pdf>

DOI: 10.15862/03NZOR224 (<https://doi.org/10.15862/03NZOR224>)

1.6.21. Геоэкология (географические науки)

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Бурова, Н. В. Принципы и методы создания искусственного растительного покрова на нарушенных промышленных землях / Н. В. Бурова, М. А. Осинцева // Отходы и ресурсы. — 2024. — Т. 11. — № 2. — URL: <https://resources.today/PDF/03NZOR224.pdf> DOI: 10.15862/03NZOR224

**For citation:**

Burova N.V., Osintseva M.A. Principles and methods of creating artificial vegetation cover on disturbed industrial lands. *Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling*. 2024;11(2): 03NZOR224. Available at: <https://resources.today/PDF/03NZOR224.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: 10.15862/03NZOR224

*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.)*

УДК 574:579.083+581.133

**Бурова Надежда Владимировна**

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», Кемерово, Россия

Руководитель Центра ландшафтной архитектуры

E-mail: pavvm2000@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9042-9737>

РИНЦ: [https://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=1249070](https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1249070)

**Осинцева Мария Алексеевна**

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», Кемерово, Россия

Начальник управления проектной деятельности

Кандидат технических наук

E-mail: stas-asp@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4045-8054>

РИНЦ: [https://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=634693](https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=634693)

## **Принципы и методы создания искусственного растительного покрова на нарушенных промышленных землях**

**Аннотация.** Для восстановления техногенно-нарушенных ландшафтов используют биологическую рекультивацию. Характеристики растений важны при выборе растительного ассортимента для восстановления деградированных площадей. Целью данной работы являлось изучение принципов и методов создания искусственного растительного покрова на нарушенных промышленных землях. Перед проведением биологической рекультивации, была произведена чистовая планировка поверхности и нанесение слоя потенциально плодородных слоев почвы мощностью не менее 1 м и плодородного слоя почвы мощностью не менее 0,5 м. Перед началом работы определяли качество посевного материала и его ценность. Для посадки

травянистых и древесно-кустарниковых растений использовали почвоулучшители (сапропель, латекс, микроорганизмы, целлюлозную мульчу) и биопрепараты (ТОР-органик, комплекс ризосферных бактерий, гидрогель). После проведения гидропосевных мероприятий, каждые 10 дней проводили мониторинг полевой всхожести посевного материала. Аэрофотосъемка выполнялась RGB-камерой с применением беспилотных воздушных судов модели DJI Phantom 4 Pro+ с установленным бортовым Global Navigation Satellite System приемником. Установлено, что применение биопрепарата на основе комплекса ризосферных бактерий активизировало процессы всходов посевного материала на опытных делянках. Такая активация позволила получить продуктивную кустистость многолетних культур на ранних этапах, за счет чего площадь покрытия опытного участка растительностью увеличилась. Добавление гидрогеля и ТОР-органик с массой 2 кг также оказало положительное влияние на всхожесть семян и приживаемость растений. При сравнительном анализе всех параметров эксперимента установлено, что наиболее эффективное проективное покрытие участка получено при совместном применении гидрогеля и препарата ТОР-органик. При этом, дальнейшее увеличение массовой доли гидрогеля в субстрате значимо не отражается на результате создания искусственного растительного покрова на нарушенных промышленных землях.

**Ключевые слова:** техногенно-нарушенные ландшафты; гидропосев; растения; плодородный слой почвы; аэрофотосъемка; беспилотное воздушное судно; гидрогель; биопрепараты

## Введение

Для восстановления техногенно-разрушенных земель Кузбасса применяют в основном биологическую рекультивацию [1]. Целями которой являются возобновление процесса почвообразования, повышение способности почвы к самоочищению и воспроизведение биологических балансов [1].

При рассмотрении важных характеристик для лесной и сельскохозяйственной рекультивации, необходимо учитывать олиготрофность, засухоустойчивость и солеустойчивость видов растений [3]. Эти факторы критически важны при выборе растительного ассортимента для восстановления деградированных площадей. Также следует учитывать загрязнение атмосферы промышленными выбросами [4; 5].

Подбор растений для рекультивации земель является интродукционной проблемой, поскольку по сравнению с зональными условиями резко изменяются агрохимические и физические свойства субстратов, микроклимат, водный режим [6]. Оптимальным следует считать такое насаждение, в котором наиболее полно использовано потенциальное плодородие почвы для роста древесных пород, получены наибольшие запасы древесины и эффективно проявляются полезные свойства леса: климаторегулирующие, почвозащитные, санитарно-гигиенические функции [7].

Создаваемые насаждения на нарушенных землях могут быть разнообразными по своему назначению [8]. Но во всех случаях носят природоохранное назначение, оптимизирующее экологические условия ранее нарушенной территории [9].

Одним из наиболее распространенных способов улучшения грунтов (субстратов) для сельскохозяйственного освоения является так называемое «землевание», т. е. нанесение на поверхность отвалов гумусированного слоя почвы или пригодных для выращивания растений грунтов разной мощности.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Шереметова С.А. Флора бассейна реки Томь: состав, структура, трансформация, пространственная организация: Дис. ... докт. биол. наук. Томск, 2016. — 776 с.

Ряд исследователей считают, что этот слой должен быть 0,5–2,0 м [10; 11]. Целью данной работы являлось изучение принципов и методов создания искусственного растительного покрова на нарушенных промышленных землях.

## 1. Материалы и методы исследований

Работы проводились на экспериментальном полигоне, расположенном на отвале угольного разреза (Кемеровская область, Прокопьевский район). Предварительно на территории полигона силами угольного предприятия был проведен горнотехнический этап рекультивации согласно утвержденному проекту рекультивации и Программе выполнения экспериментальных работ по биологической рекультивации разрушенных горными работами земельных отводов и сопредельных территорий.

В соответствии с зонированием участка, для формирования научной базы эксперимента была произведена чистовая планировка поверхности и нанесение слоя потенциально плодородных слоев почвы (ППСП) мощностью не менее 1 м и плодородного слоя почвы (ПСП) мощностью не менее 0,5 м. Средняя продолжительность вегетативного периода в 2023 году составляла 160 дней. Характерной особенностью зоны являлось преобладание юго-западных и южных направлений ветров. Количество осадков за вегетационный период составляло 308 мм или 73 % годовой нормы. Средняя продолжительность стояния снежного покрова составляла 170 дней.

Устойчивый снежный покров наблюдался с начала ноября до середины марта и достигал глубины 40–50 см. Максимальная глубина промерзания составляла 257 см. Гидротермический коэффициент в 2023 году составлял 1,1. Данный факт говорит о том, что год был в небольшой степени засушливым. Температурный режим и количество осадков за летний период показаны в таблицах 1, 2 и на рисунке 1.

Таблица 1

Средняя температура воздуха (в °C) за период май — сентябрь 2023 г.

| Месяц                                       | Май  | Июнь | Июль | Август | Сентябрь |
|---------------------------------------------|------|------|------|--------|----------|
| Средняя многолетняя температура воздуха, °C | 12,0 | 15,9 | 17,4 | 17,4   | 11,1     |
| Среднемесячная                              | 11,3 | 19,7 | 21,2 | 17,9   | 9,9      |
| ± к средней многолетней                     | -0,7 | +3,8 | +3,8 | +0,5   | +1,2     |

Составлено автором

Средняя температура воздуха в мае была на 0,7°C ниже средней многолетней, в остальные месяцы — на 0,5°C выше. Особенно теплыми были июнь и июль, когда превышение составило 3,8°C.

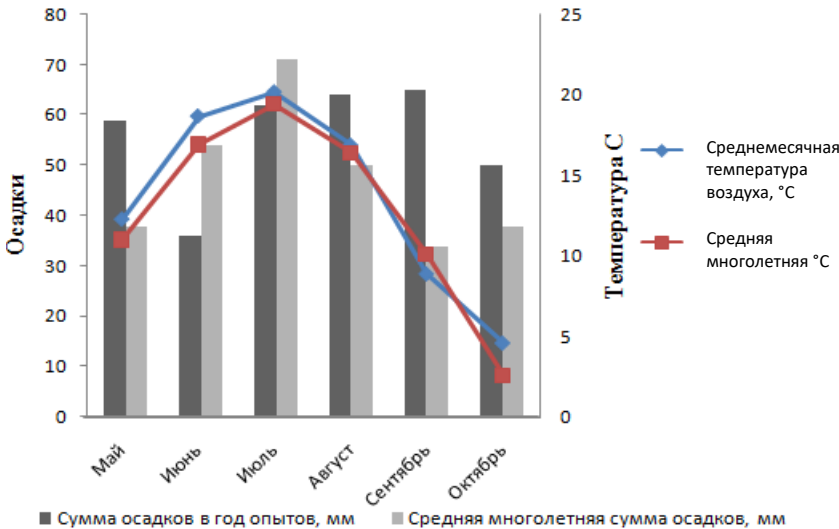
Таблица 2

Сумма осадков (в мм) за период май — сентябрь 2023 г.

| Месяц                                 | Май | Июнь | Июль | Август | Сентябрь |
|---------------------------------------|-----|------|------|--------|----------|
| Средняя многолетняя сумма осадков, мм | 58  | 35   | 61   | 63     | 64       |
| Сумма осадков в год опытов, мм        | 39  | 53   | 70   | 51     | 33       |
| ± к средней многолетней               | 18  | -18  | -9   | 12     | 11       |

Составлено автором

В сочетании с существенным недостатком влагообеспеченности, в июне и июле наблюдалось ингибирование роста и развития растений, особенно на склоновой поверхности. Обильные осадки (более 11–12 мм выше нормы) выпали в августе и сентябре. В виду особых климатических условий сезона полевых работ в 2023 году в качестве агрономического ухода за растительным материалом эксперимента в период вегетации по мере необходимости производили полив при помощи дождевальных установок.



**Рисунок 1.** Состояние гидротермического режима  
летом 2023 г. (автор рисунка Бурова Надежда Владимировна)

На всех участках в схему эксперимента вводили обработку семян многолетних трав и корневой системы древесно-кустарниковых видов растений комплексом ризосферных бактерий (б/п), наработанных в лаборатории геномных исследований и биотехнологии Кемеровского государственного университета. Вторым вариантом в качестве регулятора роста и развития растений использовали микробиологически активный препарат, полученный на основе отходов животноводства ТОР-органик. Характеристика ТОР-органик представлена в таблице 3.

**Таблица 3**

**Состав препарата ТОР-органик**

| Показатель                                       | Единицы измерения | Значение           |
|--------------------------------------------------|-------------------|--------------------|
| Вода                                             | %                 | 94–96              |
| рН, водородный показатель                        | ед. рН            | 7,2                |
| Макроэлементы                                    |                   |                    |
| Азот общий                                       | %                 | 0,36               |
| Фосфор (Р <sub>2</sub> О <sub>5</sub> )          | %                 | 0,3                |
| Калий (K <sub>2</sub> O)                         | %                 | 0,44               |
| Микроэлементы                                    |                   |                    |
| Медь (валовое содержание)                        | мг/кг             | 25                 |
| Медь (подвижная форма)                           | мг/кг             | 0,61               |
| Цинк (валовое содержание)                        | мг/кг             | 53                 |
| Цинк (подвижная форма)                           | мг/кг             | 2,55               |
| Кадмий (валовое содержание)                      | мг/кг             | 0,06               |
| Гуминовые кислоты (гуматы) и фульвокислоты       |                   |                    |
| Гуминовые кислоты                                | мг/л, не менее    | 1 000              |
| Фульвовые кислоты                                | мг/л, не менее    | 1 000              |
| Фитогормоны (регуляторы роста)                   |                   |                    |
| Ауксины (по индолил-3-уксусной кислоте)          | мг/л, не менее    | 3                  |
| Гибберелины (по гиббереловой кислоте)            | мг/л, не менее    | 17                 |
| Цитокинины (по кинетину)                         | мг/л, не менее    | 500                |
| Макробиологические показатели                    |                   |                    |
| Почвенные азотфиксирующие и ризосферные бактерии | ОМЧ/л             | 1×10 <sup>15</sup> |
| Санитарно-эпидемиологические показатели          |                   |                    |
| Личинки гельминтов                               | экз./кг           | отсутствуют        |
| Яйца гельминтов                                  | экз./кг           | отсутствуют        |

Составлено автором

В качестве почвоулучшителя использовали сапропель (ООО «Эко-Вектор»). Добыча сапропеля ООО «ЭКО-ВЕКТОР» производилась на озере Белое, расположенном в левобережной части реки Обь, северо-западнее п.г.т. Колывань Колыванского района Новосибирской области. Озеро слабопроточное. Сапропель озера Белое относился к органоминеральному карбонатному классу сапропелей. В свежей массе содержал: органического вещества — до 36,96 %, кальция — до 23,29 %, калия — 0,7 %, фосфора — около 0,2 % и имел pH в пределах 7. В составе органической части сапропеля озера Белое содержались 16 аминокислот, клетчатка, витамины (В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>5</sub>, В<sub>12</sub>, А, Е), антиоксиданты, гуминовые вещества. Помимо макроэлементов, сапропель отличался богатым содержанием микроэлементов, необходимых для растений: меди, марганца, фосфора, калия, магния т. д.

С целью удержания в прикорневом пространстве влаги и питательных веществ в период приживаемости саженцев и семян древесных и кустарниковых культур в техногенно-нарушенном грунте использовали гранулы гидрогеля фракцией 1–4 мм (ООО «Вуд Мастер»).

На участке эксперимента с целью укрепления грунта использовали геосинтетическую решетку (ООО «Геонор») и латексную суспензию (ЗАО «Русхимнефть»).

Эксперимент по внесению дополнительных компонентов проводили в 3-кратной повторности. Общая площадь экспериментальной площадки 10 500 м<sup>2</sup>. Площадь экспериментальной делянки 300 м<sup>2</sup>. Схема опыта по внесению почвоулучшителей представлена в таблице 4.

**Таблица 4**

**Схема опыта по внесению почвоулучшителей**

| Компонент                  | Схема нанесения                                                                                                    |
|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Сапропель                  | Сплошным слоем поверхностно, из расчета 200 кг/га                                                                  |
| Латекс                     | 7 % водная эмульсия латекса, в количестве 1,5–3,0 л/м <sup>2</sup>                                                 |
| Микроорганизмы             | Водный раствор в количестве 1,5–2,0 л/1 000 л                                                                      |
| Сапропель + микроорганизмы | Сплошным слоем поверхностно, из расчета 200 кг/га + водный раствор в количестве 1,5–2,0 л/1 000 л                  |
| Латекс + микроорганизмы    | 7 % водная эмульсия латекса, в количестве 1,5–3,0 л/м <sup>2</sup> + водный раствор в количестве 1,5–2,0 л/1 000 л |

*Составлено автором*

Экспериментальные работы по гидропосеву проводились с использованием гидропосевной установки Turbo Turf серии HS-1000. В качестве основы субстрата для гидропосевных работ использовали многокомпонентную смесь для гидропосева «GrowMix80» (ООО «АФР-Групп») и целлюлозную мульчу для гидропосева «RE-MAT».

Исследуемый участок представлял собой прилегающую к отвалу территорию на границе с технологической дорогой. На территории было проведено террасирование, наблюдалось частичное самозаращение бортов террас травяным покровом обедненного видового состава, который предварительно был удален путем срезания верхнего слоя грунта.

Перед началом эксперимента составили смесь семян и проверили их всхожесть. Для определения всхожести по 100 шт. семян каждого вида после семена раскладывали в заранее подготовленные чашки Петри. Семена размещали на слой бумаги, по 100 штук в каждой чашке и укрывали обильно смоченной фильтровальной бумагой. Увлажнение семян проводили каждые 48 часов. Процесс набухания семян травянистых растений наблюдали через 34 часа, древесно-кустарниковых — через 54 часа. Через десять дней после закладки опыта подсчитывали количество проросших семян [12].

На десятые сутки провели анализ энергии прорастания семян (табл. 5).

Таблица 5

**Определение посевных качеств семян (лабораторная всхожесть)**

| Наименование растений                             | Класс | Всхожесть не менее, % |
|---------------------------------------------------|-------|-----------------------|
| Травянистые растения                              |       |                       |
| Овсяница красная ( <i>Festuca rubra</i> )         | III   | 85                    |
| Люцерна синегибридная ( <i>Medicago sativa</i> )  | III   | 70                    |
| Клевер белый ( <i>Trifolium repens</i> )          | II    | 90                    |
| Эспарцет песчаный ( <i>Onobrychis arenaria</i> )  | III   | 85                    |
| Житняк гребенчатый ( <i>Agropyron cristatum</i> ) | III   | 75                    |
| Древесно-кустарниковые растения                   |       |                       |
| Сосна обыкновенная ( <i>Pinus sylvestris</i> )    | I     | 90                    |
| Лиственница сибирская ( <i>Lárix sibírica</i> )   | II    | 80                    |
| Береза повислая ( <i>Bétula péndula</i> )         | II    | 90                    |
| Шиповник сизый ( <i>Rósa gláuca</i> )             | II    | 80                    |

Составлено автором

Класс семян определяет качество посевного материала и его ценность. Как видно из таблицы 6, семенной материал, предназначенный для выполнения рекультивации варьируется в пределах I–III классов, что говорит о их качестве и соответствует требованиям ГОСТ.

После проведения лабораторной всхожести приступают к рандомизации опыта, схема которого представлена в таблице 6.

Таблица 6

**Схема рандомизированного опыта**

| 1                                                               | 2                                                                | 3                                                                |
|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| без гидрогеля<br>25 кг мульчи целлюлозной<br>4 кг смеси GrowMix | 1 кг гидрогеля<br>30 кг мульчи целлюлозной<br>4 кг смеси GrowMix | 2 кг гидрогеля<br>40 кг мульчи целлюлозной<br>4 кг смеси GrowMix |

Опыт по гидропосеву закладывали по определенной общепринятой методике, которая предусматривает три варианта, с трехкратной повторностью, площадь опытных делянок 100 м<sup>2</sup>, на каждом опытном участке размещали посевной материал с добавлением различных действующих веществ, которое свою очередь оказывали стимуляцию роста посевного материала.

Состав смеси семян для эксперимента представлен следующим образом:

- Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*) — 0,31 %.
- Лиственница сибирская (*Lárix sibírica*) — 0,31 %.
- Береза повислая (*Bétula péndula*) — 0,15 %.
- Шиповник сизый (*Rósa gláuca*) — 0,38 %.
- Овсяница красная (*Festuca rubra*) — 31,88 %.
- Люцерна синегибридная (*Medicago sativa*) — 17,85 %.
- Клевер красный (*Trifolium repens*) — 7,01 %.
- Эспарцет песчаный (*Onobrychis arenaria*) — 16,58 %.
- Житняк гребенчатый (*Agropyron cristatum*) — 16,58 %.



Технологический процесс проведения гидропосева заключался в следующем. Емкость наполняли водой через специально отведенное отверстие для заправки. Сопровождающий инженер гидросеялки отсоединял заглушку от водомера и присоединял всасывающий рукав, другой конец рукава с фильтром опускал в воду. Фильтр использовался для того, чтоб при распылении рабочей смеси не забивалась рабочая форсунка. После подготовки рабочей смеси, гидросеялку подводили к участку для загрузки материалов. После загрузки всех материалов люк горловины закрывали, рабочую смесь тщательно перемешивали, выключали мешалку и начинали рабочий процесс.

Участок после проведения работ по гидропосеву представлен на рисунке 2.



**Рисунок 2.** Участок после проведения работ по гидропосеву  
(источник рисунка: коллекция Кемеровского государственного университета)

Древесные культуры высаживали по схеме 2×2 м, кустарники — по схеме 1,5×1,5. После проведения посевных мероприятий, каждые 10 дней проводили мониторинг полевой всхожести посевного материала.

При посадке саженцев и семян б/п вносили способом прикорневого полива. При обработке секторов с гидропосевом б/п вносили в половину объема используемого субстрата. Наблюдения за вегетацией посаженного материала проводили визуальным методом и посредством оценки NDVI-индекса с периодичностью один раз в две недели.

Аэрофотосъемка Red, Green, Blue камерой (RGB-камерой) выполнялась с применением беспилотных воздушных судов (БВС) модели DJI Phantom 4 Pro+ с установленным бортовым Global Navigation Satellite System (ГНСС) приемником.

Проектирование полетного задания производили в программном обеспечении FLY Teofly (программное обеспечение производителя наборов модернизации Teokit). Полет выполнялся с огибанием рельефа, данные которого были получены в результате ранее выполненных на объекте работ съемок. Проектная высота полета составила 100 м. Перекрытие фотоснимков: 79 % (продольное) × 60 % (поперечное). Проектное пространственное разрешение фотоснимков: 2,6 см/пиксель. Спроектированное полетное задание импортировалось в программное обеспечение для выполнения полетов Litchi.<sup>1</sup>

Обработка данных геодезических измерений, выполненных в целях создания планово-высотного обоснования работ, проводилась в программном обеспечении Trimble Business Center [2].

На основе аэрофотоснимков с RGB-камеры выполняли построение цифровых ортофотопланов, карт высот, цифровых моделей местности (рельефа) в виде плотных облаков точек. На основе мультиспектральных снимков выполняли построение карт нормализованного относительного вегетационного индекса (NDVI) [6].

Возможные значения индекса лежат в диапазоне от -1 до +1:

- от -1 до 0 — это объекты неживой природы;
- от 0 до 0,2 — характерны для открытой почвы;
- от 0,2 до 0,5 — разряженная растительность;
- выше 0,5 — густая растительность.

Работы по созданию геопространственных материалов (за исключением карты внутриполевых уклонов) выполняли в программном комплексе Agisoft Metashape Professional.

Контроль точности полученных геопространственных материалов производили по контрольным опознакам в программе Agisoft Metashape Professional [6]. Контроль планово-высотных положений контрольных опознаков, полученных в результате фотограмметрической обработки, выполняли по разности координат и высот опознаков на ортотрансформированных фотоснимках и их значений, полученных в результате обработки спутниковых геодезических измерений. Среднеквадратическая погрешность определения координат и высот, определенная по каждому контрольному опознаку, для геопространственных материалов, полученных на основе фотоснимков с RGB-камеры, не превышала 5,76 см в плане и 5,23 см по высоте, а для геопространственных материалов, полученных на основе мультиспектральных снимков, не превышала 7,1 см в плане и 23,78 см по высоте.

Для дальнейшего анализа рельефа и уклонов определяли целесообразность использования цифровой модели рельефа на дату, когда все тестовые участки под высадку были подготовлены и сданы для высадки. Соответственно на эту дату с помощью программного обеспечения «Свободная географическая информационная система с открытым кодом» (QGIS) подготавливали карту внутриполевых уклонов и производили расчет среднего уклона участка.

На основе полученных в результате камеральной обработки цифровых геопространственных материалов формировали карточки экспериментальных участков. В карточках агрегировали все имеющиеся ключевые параметры участка (наименование культур, дата посадки, период вегетации), а также рассчитанные на основе геопространственных материалов параметры (значения NDVI, уклоны) в динамике за весь период с даты посадки.

### Результаты и их обсуждение

Проведенные исследования были направлены на изучение всхожести, роста и жизнеспособности злаково-бобовой травосмеси (клевер, донник, люцерна, овсяница, райграс и пырей) традиционно применяемой для сельскохозяйственной рекультивации в зависимости от качества грунта (ППСП и ПСП), а также нанесением или внесением в грунт различных почвоулучшителей:

- в качестве органоминерального удобрения (сапропель);
- для сохранения почвенной влаги (латексная суспензия);
- для ускорения почвообразовательных процессов (микроорганизмы).

Работы по закладке опытного участка проводились 27.07.2023. На опытном участке производили гидропосев смеси культур (рис. 4).

Период наблюдения за вегетацией сектора составлял 70 дней.





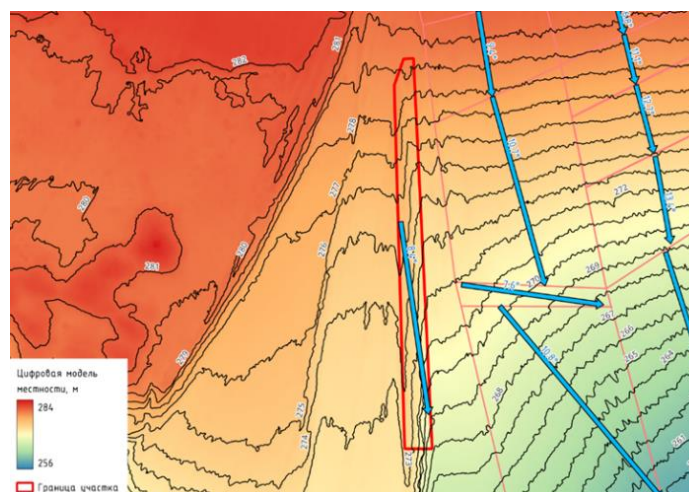
**Рисунок 4.** Обзорная схема опытного участка  
(источник рисунка: коллекция Кемеровского государственного университета)

Координаты поворотных точек границ опытного участка в системе координат WGS-84, эллипсоидальная высота представлены в таблице 7, перепад высот на местности представлен на рисунке 5.

**Таблица 7**

**Координаты поворотных точек границ опытного участка**

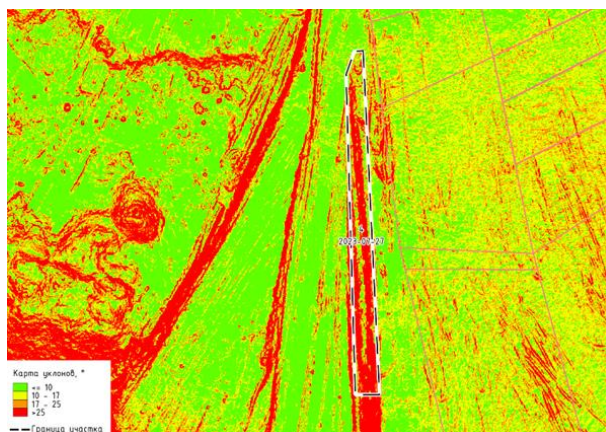
| X, °     | Y, °     | H, м   |
|----------|----------|--------|
| 54,24572 | 87,18908 | 318,68 |
| 54,24496 | 87,18914 | 307,79 |
| 54,24496 | 87,18905 | 312,92 |
| 54,24567 | 87,18902 | 318,30 |
| 54,24572 | 87,18905 | 318,69 |
| 54,24572 | 87,18908 | 318,68 |



**Рисунок 5.** Цифровая модель местности с горизонталями и средним уклоном опытного участка (автор рисунка Бурова Надежда Владимировна)

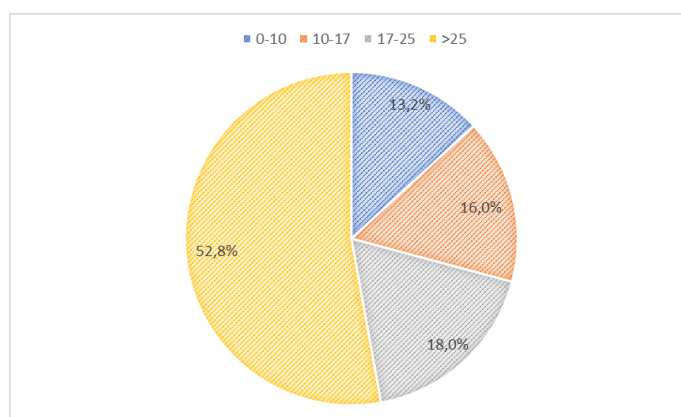
Средний уклон участка составил 8,4°. Как видно из рисунка 3, перепад высот на местности лежит в диапазоне от 256 до 284 м.

Наличие большого перепада высот после планировки территории, позволяет сделать прогноз, что существует риск выпадения растений в следующий вегетационный период. На участке наблюдается наличие областей эрозивного процесса (рис. 6).



**Рисунок 6.** Карта внутриполевых уклонов опытного участка  
(источник рисунка: коллекция Кемеровского государственного университета)

Наличие красных пиков обусловлено сильным перепадом высот связанные с террасированием (рис. 7).



**Рисунок 7.** Диаграмма распределения внутриполевых уклонов  
опытного участка (автор рисунка Бурова Надежда Владимировна)



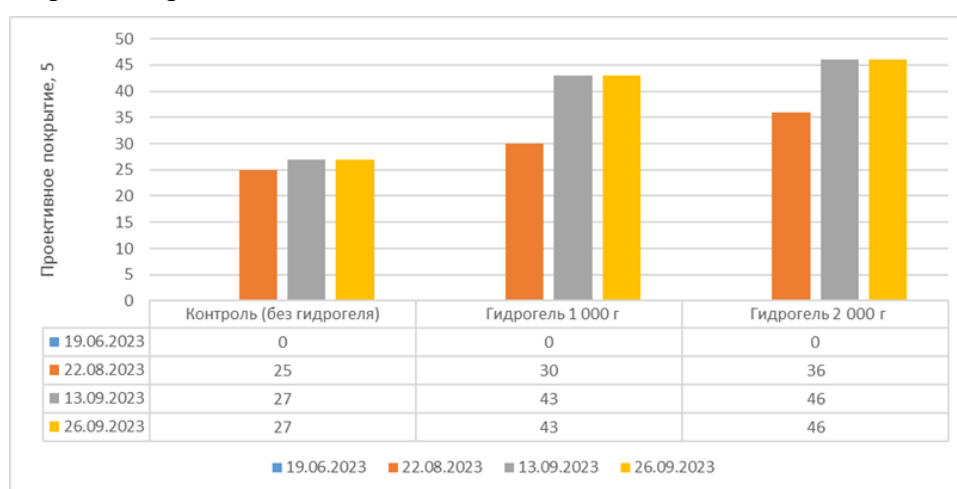
**Рисунок 8.** Биометрический учет многолетних трав  
на примере клевера белого и овсяницы красной (источник рисунка: коллекция  
Кемеровского государственного университета)

Площадь террасированного участка составляет 70 %. Следует отметить, что выращивание растений на террасированных участках дает высоких процент приживаемости культурных растений с развитой корневой системой.

На рекультивируемых участках проводили фотофиксацию на расстоянии 0,3–0,4 м. После проведения фотофиксации делали срез для определения густоты травостоя. Также снимали биометрические параметры растительного покрова (рис. 8).

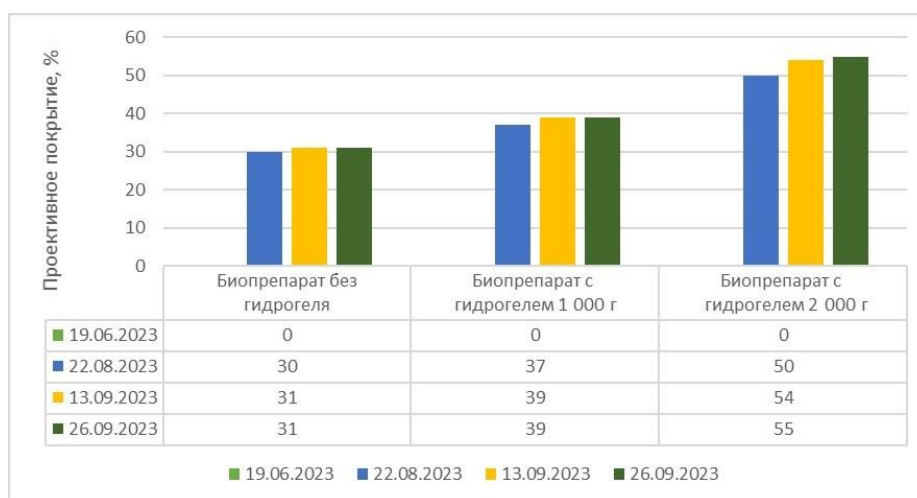
Из рисунка 8 видно, что зеленая фитомасса травянистых растений хорошо сформирована, что говорит о хорошей жизнеспособности растительного покрова. Травянистые виды в данном растительном сообществе проходят нормальный цикл развития.

Своевременному прохождению фенологических фаз способствовало добавление стимулирующих компонентов. Гидрогель способствовал задержанию в верхних слоях почвы влаги, которая особенно необходима на стадии набухания и прорастания семян (рис. 9). Б/п для биологической рекультивации угольных отвалов способствовал формированию корней и адаптации к условиям среды. Действующее вещество б/п также повышало устойчивость и иммунитет растений. Удобрение ТОР-органик оказало положительный эффект, насыщая почву полезными макро и микроэлементами.



**Рисунок 9.** Эффективность добавления гидрогеля на всхожесть семян в % (контроль) (автор рисунка Бурова Надежда Владимировна)

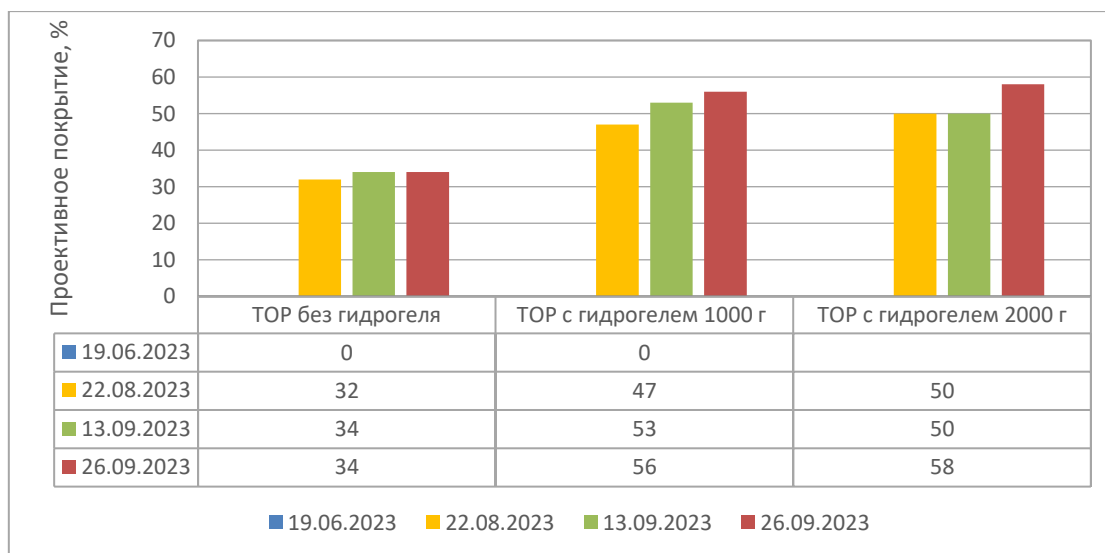
Данные рисунка 9 свидетельствуют о том, что добавление гидрогеля при посеве значительно увеличило процент всхожести семян травянистой и древесной растительности. Также гидрогель способствовал повышению выживаемости всходов. Из рисунка 10 видно, как масса гидрогеля влияет на проективное покрытие площади делянки.



**Рисунок 10.** Влияние биологического препарата на проективное покрытие травянистых и древесных растений, в % (автор рисунка Бурова Надежда Владимировна)



Из рисунка 10 следует, что применение б/п активизировало процессы всходов посевного материала на опытных делянках. Реакция семян на действующее вещество б/п позволило на ранних этапах получить продуктивную кустистость многолетних культур, за счет чего площадь покрытия увеличилась. Добавление гидрогеля ТОР-органик с массой 2 кг также показало хороший результат всхожести семян и приживаемости растений (рис. 11).



**Рисунок 11.** Влияние удобрения ТОР-органик на проективное покрытие травянистых и древесных растений в % (автор рисунка Бурова Надежда Владимировна)

Удобрение ТОР-органик при изучении всхожести и приживаемости растений на проективном покрытии опытных делянок техногенно-нарушенных ландшафтов также показало высокий результат. Разница в проективном покрытии с контрольным вариантом и применением б/п варьировалась от 25–58 %. Пример формирования проективного покрытия опытного участка представлен на рисунке 12.



**Рисунок 12.** Пример формирования проективного покрытия (источник рисунка: коллекция Кемеровского государственного университета)

Необходимо отметить, что на формирование проективного покрытия влияют и погодные условия климата. В период проведения полевого эксперимента наблюдалась теплая погода без резких перепадов температур, что благоприятно сказалось на прохождении фенологических фаз растений и формировании растительного сообщества.

На рисунках 13–16 представлена динамика развития биомассы опытного участка в видимом диапазоне (ортофотоплан) и посредством оценки индекса NDVI.



**Рисунок 13.** Ортофотоплан на 02.08.2023 г.  
(источник рисунка: коллекция Кемеровского государственного университета)

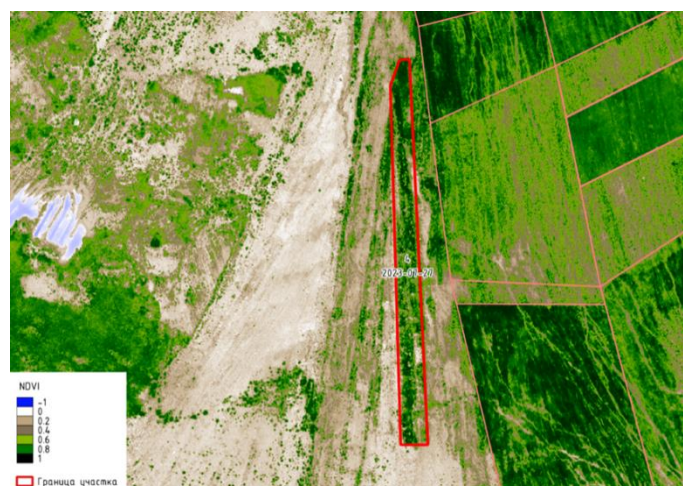


**Рисунок 14.** Карта вегетационного индекса NDVI на 02.08.2023 г.  
(источник рисунка: коллекция Кемеровского государственного университета)



**Рисунок 15.** Ортофотоплан на 05.10.2023 г.  
(источник рисунка: коллекция Кемеровского государственного университета)

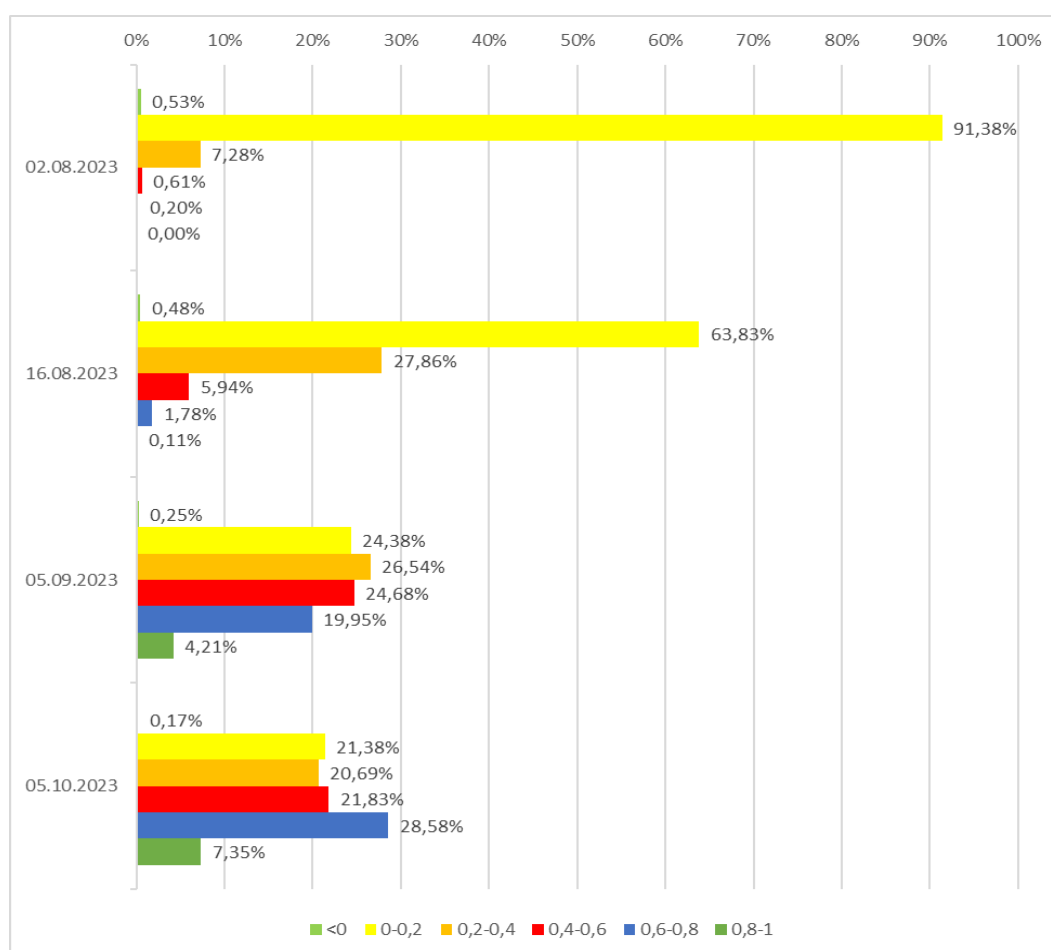




**Рисунок 16.** Карта вегетационного индекса NDVI на 05.10.2023 г.  
(источник рисунка: коллекция Кемеровского государственного университета)

При сравнении данных ортофотоплана в динамике можно проследить, что площадь проективного покрытия увеличивается, также следует отметить, что террасирование благоприятно повлияло на образование проективного покрытия.

Установлена наблюдается положительная динамика распределения индекса NDVI во времени (рис. 17).



**Рисунок 17.** Динамика распределения значений индекса NDVI (автор рисунка Бурова Надежда Владимировна)

Исходя из данных о динамике значений индекса NDVI (рис. 17) виден систематический прирост вегетативной зеленой массы культур с момента проведения гидропосева до момента завершения вегетации. Пик вегетации на опытном участке пришелся на первую декаду сентября.

### Выводы

Таким образом, в работе изучены принципы и методы создания искусственного растительного покрова на нарушенных промышленных землях Кузбасского региона. Установлено, что семена травянистых культур и сосны показали хорошую всхожесть, и к моменту завершения вегетации прирост их вегетативной массы значительно увеличился.

Из полученных данных можно сделать вывод, что технология гидропосева хорошо подходит для террасированных участков, данный вид обработки участков техногенно-нарушенных ландшафтов и позволяет защитить посевы многолетних культур от ветровой и водной эрозии.

При сравнительном анализе всех параметров эксперимента установлено, что наиболее эффективное проективное покрытие участка получено при совместном применении гидрогеля и препарата ТОР-органик. При этом, дальнейшее увеличение массовой доли гидрогеля в субстрате значимо не отражается на результате создания искусственного растительного покрова на нарушенных промышленных землях.

### ЛИТЕРАТУРА

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. Зеньков, И.В. Информационное обеспечение оценки экологии нарушенных земель в горнодобывающем секторе Кузбасса / И.В. Зеньков, Б.Н. Нефедов, Ю.А. Анищенко, О.О. Стукова, Г.И. Юрковская, Е.В. Кирюшина, С.Н. Скорнякова // Уголь. — 2020. — № 6. — С. 62–66.
3. Уфимцев, В.И. Эколого-ценотическая роль фитогенных полей сосны обыкновенной на отвалах угольной промышленности / В.И. Уфимцев, О.А. Куприянов, И.П. Беланов // Сиб. экол. журн. — 2016. — Т. 23, № 1. — С. 164–175.
4. Тронин, А.А. Ранжирование регионов России по уровню экологической безопасности / А.А. Тронин // Региональная экология — 2019. — № 1(55). — С. 5–12.
5. S.N. Vityaz, E.A. Dyukova, N.E. Isenev Species diversity and occurrence of harmful objects on various coniferous plants in the conditions of the Kemerovo region // Современные технологии в сфере сельскохозяйственного производства и образования: материалы XI Международной научно-практической конференции на иностранных языках, Кемерово, 19 ноября 2020 года. — Кемерово: Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия, 2020. — Р. 20–24.
6. Abramowicz A. Vegetation as an indicator of underground smoldering fire on coal-waste dumps // Fire Safety Journal. 2021. (121). С. 103287.

7. Ren H. Vegetation growth status as an early warning indicator for the spontaneous combustion disaster of coal waste dump after reclamation: An unmanned aerial vehicle remote sensing approach // Journal of Environmental Management. 2022. (317). С. 115502.
8. Госсен И.Н. Оценка почвенно-экологической эффективности сельскохозяйственной рекультивации в Кузбассе / И.Н. Госсен // Природно-техногенные комплексы: рекультивация и устойчивое функционирование: материалы междунар. науч. конф. (Новосибирск, Новокузнецк, 10–15 июня 2013 г.). — Новосибирск, 2013. — С. 84–87.
9. Musina V.R., Golovko I.V., Shermatova S. Type of crossing of coal waste dumps by geodynamical dangerous zones // MIAB. Mining Inf. Anal. Bull. 2020. № (6-1). С. 233–241.
10. Соловицкий, А.Н. Никулин, Н.Ю., Кайзер, Ф.Ю. О зонировании отработанного участка для обеспечения его рекультивации на основе прикладных малоглубинных геофизических технологий // Вестник СГУГиТ. — 2023. — № 6(28). — С. 81–89.
11. Bazaluk, O., Anisimov, O., Saik, P., Lozynskyi, V., Akimov, O., Hrytsenko, L. Determining the Safe Distance for Mining Equipment Operation When Forming an Internal Dump in a Deep Open Pit. Sustainability 2023, 15, 5912. <https://doi.org/10.3390/su15075912>.
12. Серегин, М.В. Качество газонного покрытия в зависимости от сроков посева при благоустройстве в среднем Предуралье / М.В. Серегин // Пермский аграрный вестник. — 2019. — № 3(27). — С. 69–74.

**Burova Nadezhda Vladimirovna**

Kemerovo State University, Kemerovo, Russia

E-mail: [pavvm2000@mail.ru](mailto:pavvm2000@mail.ru)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9042-9737>

RSCI: [https://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=1249070](https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1249070)

**Osintseva Mariya Alekseyevna**

Kemerovo State University, Kemerovo, Russia

E-mail: [stas-asp@mail.ru](mailto:stas-asp@mail.ru)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4045-8054>

RSCI: [https://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=634693](https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=634693)

## Principles and methods of creating artificial vegetation cover on disturbed industrial lands

**Abstract.** Biological reclamation is used to restore technogenically disturbed landscapes. Plant characteristics are important when choosing a plant assortment for the restoration of degraded areas. The purpose of this work was to study the principles and methods of creating artificial vegetation cover on disturbed industrial lands. Before carrying out biological reclamation, the surface was finished and a layer of potentially fertile soil layers with a capacity of at least 1 m and a fertile soil layer with a capacity of at least 0,5 m was applied. Before starting work, the quality of the seed material and its value were determined. Soil improvers (sapropel, latex, microorganisms, cellulose mulch) and biologics (TOP organic, complex of rhizospheric bacteria, hydrogel) were used for planting herbaceous and woody shrubby plants. After carrying out the hydraulic sowing activities, field germination of the seed was monitored every 10 days. Aerial photography was performed with an RGB camera using unmanned aerial vehicles of the DJI Phantom 4 Pro+ model with an on-board Global Navigation Satellite System receiver installed. It was found that the use of a biological product based on a complex of rhizospheric bacteria activated the processes of seed germination in experimental plots. Such activation made it possible to obtain productive bushiness of perennial crops in the early stages, due to which the area of vegetation covering the experimental site increased. The addition of hydrogel and TOP organic with a weight of 2 kg also had a positive effect on seed germination and plant survival. A comparative analysis of all experimental parameters revealed that the most effective projective coating of the site was obtained with the combined use of hydrogel and the preparation TOR-organic. At the same time, a further increase in the mass fraction of hydrogel in the substrate does not significantly affect the result of the creation of artificial vegetation cover on disturbed industrial lands.

**Keywords:** technogenically disturbed landscapes; hydraulic seeding; plants; fertile soil layer; aerial photography; unmanned aircraft; hydrogel; biological products