

УДК 622.85:622.271.45(574):550.814 © М.А. Осинцева✉,  
В.А. Крюк, Е.А. Дюкова, Н.В. Бурова, 2024

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»,  
650000, г. Кемерово, Россия  
✉ e-mail: k1marial@inbox.ru

UDC 622.85:622.271.45(574):550.814 © M.A. Osintseva ✉,  
V.A. Kryuk, E.A. Dyukova, N.V. Burova, 2024

Kemerovo State University,  
Kemerovo, 650000, Russian Federation  
✉ e-mail: k1marial@inbox.ru

# Изучение метода гидропосева как способа повышения приживаемости растений при проведении биологической рекультивации техногенно нарушенных земель\*

## Studying hydroseeding as a way to increase the survival rate of plants during the biological reclamation of technogenically disturbed lands

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-5-65-71>

Для оценки метода гидропосева семян многолетних трав при рекультивации техногенно нарушенных земель проведено его сравнение с традиционным методом посева на отвале угольного разреза. На опытном полигоне были созданы три участка с различными вариантами формирования корнеобитаемого слоя: с предварительной планировкой участка без нанесения дополнительных слоев, с планировкой и нанесением потенциально плодородного слоя (суглинка) и с нанесением дополнительного плодородного слоя почвы. Контроль результатов развития травяного покрова участков осуществлялся в течение более чем трех месяцев с периодичностью в две недели. Наблюдения за вегетацией посаженного материала проводили визуальным методом и посредством оценки нормализованного относительного вегетационного индекса (NDVI). Результаты исследований позволяют сделать вывод о том, что метод гидропосева семян многолетних трав при рекультивации техногенно нарушенных земель обладает высокой эффективностью и позволя-

### ОСИНЦЕВА М.А.

Канд. техн. наук, начальник управления  
проектной деятельности  
ФГБОУ ВО «Кемеровский  
государственный университет»,  
650000, г. Кемерово, Россия,  
e-mail: k1marial@inbox.ru

### КРЮК В.А.

Лаборант-исследователь  
управления по реализации комплексной  
научно-технической программы  
ФГБОУ ВО «Кемеровский  
государственный университет»,  
650000, г. Кемерово, Россия,  
e-mail: vika.kryuk.95@mail.ru

\* Работа ведется в рамках Распоряжения Правительства Российской Федерации от 11.05.2022 № 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).



**ДЮКОВА Е.А.**

Младший научный сотрудник  
лаборатории по созданию  
посадочного материала  
повышенной приживаемости ФГБОУ ВО  
«Кемеровский государственный  
университет»,  
650000, г. Кемерово, Россия,  
e-mail: jeniadulova@mail.ru

**БУРОВА Н.В.**

Руководитель центра  
ландшафтной архитектуры  
ФГБОУ ВО «Кемеровский  
государственный университет»,  
650000, г. Кемерово, Россия,  
e-mail: centr1a@mail.ru

ет достаточно быстро и с относительно невысокими затратами проводить работы по биологическому восстановлению почвенного покрова для дальнейшей высадки кустарников и деревьев.

**Ключевые слова:** открытая добыча угля, техногенный ландшафт, биологическая рекультивация, гидропосев, Кемеровская область – Кузбасс.

**Для цитирования:** Изучение метода гидропосева как способа повышения приживаемости растений при проведении биологической рекультивации техногенно нарушенных земель / М.А. Осинцева, В.А. Крюк, Е.А. Дюкова и др. // Уголь. 2024;(5):65-71. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-5-65-71.

**Abstract**

To evaluate hydroseeding of perennial grass seeds during the reclamation of technogenically disturbed lands, it was compared with the traditional method of sowing on a coal mine dump. At the experimental site, three areas were created with different options for the formation of the root layer: with preliminary planning of the area without applying additional layers, with planning and application of a potentially fertile layer (loam), and with the application of an additional fertile soil layer. The results of the grass cover development were monitored for more than three months at intervals of two weeks. Observations of the vegetation of the planted material were carried out using a visual method and by assessing the normalized relative vegetation index (NDVI). The research results allows to conclude that the method of hydroseeding for the reclamation of technogenically disturbed lands is highly effective and allows for the biological restoration of soil cover to be carried out quite quickly and at relatively low costs for the further planting of shrubs and trees.

**Keywords**

Open-pit coal mining, technogenic landscape, biological reclamation, hydroseeding, Kemerovo region – Kuzbass.

**For citation**

Osintseva M.A., Kryuk V.A., Dyukova E.A., Burova N.V. Studying hydroseeding as a way to increase the survival rate of plants during the biological reclamation of technogenically disturbed lands. *Ugol'*. 2024;(5):65-71. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-5-65-71.

**Acknowledgements**

The research is carried out within the framework of Order No. 1144p of the Government of the Russian Federation dated May 11, 2022 as part of the 'Development and implementation of complex technologies in the areas of exploration and extraction of minerals, industrial safety, bioremediation, creation of new deep conversion products from coal raw materials while consistently reducing the environmental impact and risks to human life' Integrated Scientific and Technical Programme of the Full Innovation Cycle ("Clean Coal – Green Kuzbass") Activity 3.1 "Eco testing area of world-class reclamation and remediation technologies", with financial support from the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (Agreement No. 075-15-2022-1200 as of 28.09.2022).

**ВВЕДЕНИЕ**

Кемеровская область является лидером угольной промышленности, обеспечивая около половины российской угледобычи и 70% экспорта угля. Только в 2022 г. добыча угля составила 223,3 млн т, это 50,8% всего добываемого угля в стране [1]. Несмотря на мировую тенденцию к переходу на возобновляемые источники энергии, добыча и потребление угля растут [2].

Открытый способ добычи угля является одним из наиболее экономически выгодных, так как разработка угольных карьеров обходится в 2-3 раза дешевле, чем строительство, обустройство и работа шахт. К тому же, открытый способ добычи намного безопаснее.

Безусловно, открытый способ добычи угля имеет свои недостатки. Разработка разрезов наносит заметный вред экосистеме близлежащих территорий. Например, после завершения разработки на месте карьера остается огромная площадь с технологически измененным рельефом, практически ли-

шенная растительности. Для снижения негативных последствий необходима рекультивация поврежденных территорий [3, 4].

Рекультивация земель после открытой добычи угля включает в себя целый комплекс работ [5]. На подготовительном этапе необходимо провести комплексную геоэкологическую оценку техногенно нарушенных горными работами земель [6] и подготовить рабочую документацию.

На этапе технологической рекультивации частично восстанавливается нарушенный рельеф, создается пригодный для следующего биологического этапа почвенный покров и проводятся мелиоративные работы [7].

Целями финального этапа биологической рекультивации являются возобновление процесса почвообразования, повышение способности почвы к самоочищению, воспроизведение биологических балансов и восстановление техногенно нарушенной экосистемы [8, 9].

Одной из проблем создания растительного покрова на участках, оставшихся после разработки угольных карьеров, является сложный рельеф с большим количеством склонов и откосов, возникающих в результате технического террасирования территории. Возможным способом решения данной проблемы является использование технологии гидропосева – метода, существующего уже более полувека [10]. В ряде случаев такой метод более эффективен, чем традиционный посев [11]. При гидропосеве специальная жидкая смесь семян травы, мульчи, гидрогеля, удобрений, биостимуляторов и красителя равномерно распределяется по поверхности засеиваемой территории с помощью гидросеялки. Природный краситель позволяет равномерно распределить смесь по поверхности, а гидрогель закрепляет семена на поверхности, препятствуя их удалению ветром или дождевыми потоками.

Целью данного исследования является сравнение эффективности формирования травяного покрова при гидропосеве и традиционном посеве на опытных участках для проведения работ по рекультивации отвала угольного разреза.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Исследования проводились в рамках федеральной комплексной научно-технической программы полного инновационного цикла «Чистый уголь – Зеленый Кузбасс».

Экспериментальные участки для проведения исследований расположены на отвале угольного разреза в районе села Большая Талда Прокопьевского района Кемеровской области – Кузбасса.

Предварительно на территории полигона был проведен горнотехнический этап согласно утвержденному проекту рекультивации. Для проведения комплексных исследований были созданы три участка с различными вариантами формирования корнеобитаемого слоя с применением различных почвоулучшителей и мелиорантов.



Рис. 1. Расположение экспериментальных участков на научно-техническом полигоне  
Fig. 1. Location of experimental areas at the testing site

На участке 1 было осуществлено послойное нанесение потенциально плодородных пород мощностью не менее 100 см и плодородного слоя почвы мощностью не менее 50 см. Почвенный покров представлен гумусогенным дифференцированным техноземом.

На участке 2 произведена отсыпка литогенным недифференцированным техноземом (глинозем) мощностью не менее 100 см.

Участок 3 сформирован на поверхности спланированного отвала, почвообразующий субстрат которого представлен смесью вскрышных и вмещающих пород, слагающих тело отвала.

На основе околосъемной аэрофотосъемки была осуществлена привязка координат участка на местности и разработана цифровая модель экологического полигона, предоставляющая возможность определять его морфометрические характеристики [12]. Геодезические измерения выполнялись с применением поверенных спутниковых мультисистемных двухчастотных геодезических приемников PrinCE i90. Анализ морфологических характеристик экспериментальных участков позволил разбить их на секторы, отличающиеся формами рельефа (рис. 1).

Сравнение результатов создания травяного покрова методами гидропосева и традиционного сухого посева проводилось с использованием секторов 1.1.1, 2.1.1, 3.1.1 и 1.2.2, 2.2.2, 3.2.2. На всех участках в схему эксперимента введена обработка семян многолетних трав комплексом ризосферных бактерий [13]. Биопрепаратом обрабатывалась половина площади гидропосева. Видовой и количественный состав смесей высаживаемых семян представлен в табл. 1.

В качестве критериев для предварительной оценки проведенных на экспериментальных участках работ по биологической рекультивации в зависимости от задач и условий каждого эксперимента использовали приживаемость растений, прирост биомассы и проективное покрытие участков.

Наблюдения за вегетацией посаженного материала проводили визуальным методом и посредством оценки нормализованного относительного вегетационного индекса (NDVI) [14] с периодичностью примерно один раз в две недели. Отклонения от двухнедельных интервалов наблюдения были вызваны погодными условиями.

**Состав смесей семян трав, высаженных на экспериментальных участках**

Composition of grass seed mixtures planted in experimental areas

Секторы 1.1.1, 2.1.1, 3.1.1	Сектор 1.2.2
Овсяница красная <i>Festuca rubra</i> 7%	Овсяница луговая <i>Festuca pratensis</i> 23%
Кострец безостый <i>Bromopsis inermis</i> 7%	Клевер белый <i>Trifolium repens</i> 10%
Донник желтый <i>Melilotus officinalis</i> 7%	Люцерна синегибридная <i>Medicago sativa</i> 23%
Пырей ползучий <i>Elymus repens</i> 7%	Мятлик луговой <i>Poa pratensis</i> 10%
Фестулолиум <i>Festulolium</i> 7%	Люпин многолетний <i>Lupinus perennis</i> 34%
Тимофеевка луговая <i>Phleum pratense</i> 10%	
Житняк гребенчатый <i>Agropyron cristatum</i> 7%	<b>Сектор 2.2.2</b>
Ежа сборная <i>Dactylis glomerata</i> 7%	Овсяница луговая <i>Festuca pratensis</i> 10%
Клевер белый <i>Trifolium repens</i> 7%	Тимофеевка луговая <i>Phleum pratense</i> 10%
Люпин многолетний <i>Lupinus perennis</i> 13%	Клевер белый <i>Trifolium repens</i> 50%
Эспарцет песчаный <i>Onobrychis arenaria</i> 7%	Люцерна синегибридная <i>Medicago sativa</i> 30%
Вика яровая <i>Vicia sativa</i> 7%	
Люцерна синегибридная <i>Medicago sativa</i> 7%	<b>Сектор 3.2.2</b>
	Овсяница луговая <i>Festuca pratensis</i> 10%
	Тимофеевка луговая <i>Phleum pratense</i> 10%
	Клевер белый <i>Trifolium repens</i> 10%
	Люцерна синегибридная <i>Medicago sativa</i> 10%
	Солянка Комарова <i>Salsola komarovii</i> 10%

Для оценки объектов путем визуального наблюдения на рекультивируемых участках, согласно методике, проводили фотофиксацию на расстоянии 0,30-0,45 м, после чего делали срез травостоя для определения его густоты. Также снимали биометрические параметры растительного покрова.

Индекс NDVI представляет собой числовой показатель актуального качества и количества растительности на заданном участке, который определяется путем сравнения интенсивности поглощения красного света и отражения ближнего инфракрасного света растениями. Здоровые растения имеют свойство поглощать красный свет и отражать ближний инфракрасный свет. Возможные значения индекса лежат в диапазоне от -1 до +1. В табл. 2 представлен выбранный для данного исследования условный вариант значений NDVI-индекса для оценки растительной биомассы на рекультивируемом объекте.

На основе аэрофотоснимков с использованием RGB-камеры выполнялось построение цифровых ортофотопланов, карт высот, цифровых моделей местности (рельефа) в виде плотных облаков точек. Построение карт NDVI выполнялось на основе мультиспектрального анализа снимков.

В секторе 1.1.1 произведен гидропосев смеси трав 25.07.2023. Подготовка участка перед началом экспериментальных работ по биологической рекультивации заключалась в чистовой планировке поверхности, нанесе-

нии слоя потенциально плодородных пород и плодородного слоя почвы. Средний уклон сектора составил 9,4°. Сектор характеризуется наличием относительно ровной поверхности после проведения планировочных работ. Период наблюдения за вегетацией сектора составил 72 дня.

Визуальная оценка всхожести трав показала несколько более высокое значение для семян с предварительной обработкой биопрепаратом (65%) по сравнению с необработанными семенами (55%). Высота травяного покрова к концу периода наблюдения в среднем составила 15-25 см.

На рис. 2 представлено состояние поверхности сектора 1.1.1 в видимом диапазоне (ортофотоплан) в начале и в конце периода наблюдения. При сравнении данных ортофотоплана можно заметить области, подверженные эрозивному процессу за счет проступания грунтовых и дождевых вод. Возможно, именно этот процесс оказал основное влияние на всхожесть семян.

В секторе 1.2.2 произведен сухой посев смеси трав традиционным способом 24.07.2023. Подготовка участка перед началом экспериментальных работ по биологической рекультивации заключалась в чистовой планировке поверхности, нанесении слоя потенциально плодородных пород и плодородного слоя почвы. Средний уклон сектора составил 10,8°. Сектор характеризуется наличием относительно ровной поверхности после проведения планировочных работ. На участке наблюдается наличие областей эрозивного процесса. Период наблюдения за вегетацией сектора составил 73 дня.

Визуальная оценка показала в среднем хорошую всхожесть семян трав (75%). Высота травяного покрова к концу вегетационного периода составила от 15 до 27 см.

На рис. 3 представлено развитие биомассы сектора 1.2.2 в видимом диапазоне (ортофотоплан) в начале и в конце периода наблюдения.

В секторе 2.1.1 произведен гидропосев смеси трав 19.06.2023. Подготовка участка перед началом экспериментальных работ по биологической рекультивации заключалась в чистовой планировке поверхности и нанесении слоя

Таблица 2

**Соответствие индекса NDVI объектам сканирования**

Correspondence of the NDVI index to scanning objects

Значения индекса NDVI	Описание объекта природы
Ниже 0,4	Объекты неживой природы, открытая почва
От 0,4 до 0,8	Не полностью покрытая растительностью почва
Выше 0,8	Густая растительность, полностью покрывающая почву



Рис. 2. Ортофотоплан сектора 1.1.1: на 02.08.2023 (а) и на 05.10.2023 (б). В центре указана дата закладки сектора

Fig. 2 Orthophotomap of sector 1.1.1: on 2nd of October, 2023 (a) and on 5th of August, 2023 (b). The date the sector was planted is indicated in the center

отметить большую площадь сектора, подвергшуюся эрозивным процессам.

В секторе 3.1.1 произведен гидропосев смеси трав 29.06.2023. Подготовка участка перед началом экспериментальных работ по биологической рекультивации заключалась в чистовой планировке поверхности без нанесения слоя потенциально плодородных пород и плодородного слоя почвы. Средний уклон сектора составил 8,8°. Сектор характеризуется наличием относительно ровной поверхности после проведения планировочных работ. Период наблюдения за вегетацией сектора составил 98 дней.

Визуальная оценка всхожести трав показала высокое значение (85%). Высота травяного покрова к концу вегетационного периода равнялась 12-25 сантиметрам и не отличалась от семян с обработкой и без обработки биопрепаратом. Площадь областей, подвергшихся эрозивным процессам, составила 14% от общей площади сектора

В секторе 3.2.2 произведен сухой посев смеси трав традиционным способом 04.07.2023. Подготовка участка перед началом экспериментальных работ по биологической рекультивации заключалась в чистовой планировке поверхности без нанесения слоя потенциально плодородных пород и плодородного слоя почвы. Средний уклон сектора составил 12,2°. Сектор характеризуется наличием относительно ровной поверхности после проведения планировочных работ. На участке



Рис. 3. Ортофотоплан сектора 1.2.2: на 02.08.2023 (а) и на 05.10.2023 (б). В центре указана дата закладки сектора

Fig. 3 Orthophotomap of sector 1.2.2: on 2nd of October, 2023 (a) and on 5th of August, 2023 (b). The date the sector was planted is indicated in the center

потенциально плодородных пород. Средний уклон сектора составил 3,2°. Сектор характеризуется наличием ровной поверхности после проведения планировочных работ. Период наблюдения за вегетацией сектора составил 108 дней.

На основе визуальной оценки всхожесть трав показала высокое значение (85%). Высота травяного покрова к концу периода наблюдения в среднем составила 20-30 см.

В секторе 2.2.2 произведен сухой посев смеси трав традиционным способом 21.06.2023. Подготовка участка перед началом экспериментальных работ по биологической рекультивации заключалась в чистовой планировке поверхности и нанесении слоя потенциально плодородных пород. Средний уклон сектора составил 13,7°. Несмотря на значительный уклон, сектор характеризуется наличием относительно ровной поверхности после проведения планировочных работ. На участке наблюдается наличие областей эрозивного процесса. Период наблюдения за вегетацией сектора составил 106 дней.

Всхожесть семян трав на основе визуальной оценки оказалась равной 80%. Высота травяного покрова к концу вегетационного периода составила от 15 до 20 см. Следует

наблюдается наличие областей эрозивного процесса. Период наблюдения за вегетацией сектора составил 93 дня.

Визуальная оценка показала в среднем хорошую всхожесть семян трав (75%). Высота травяного покрова к концу вегетационного периода составила от 10 до 20 см. Площадь областей, подвергшихся эрозивным процессам, составила 20% от общей площади сектора.

На рис. 4 представлена динамика развития растительного покрова на выбранных экспериментальных участках за 64 дня наблюдений. Приведенные данные являются результатом обработки карт вегетационного индекса NDVI в соответствии с условиями табл. 2.

Столбцы гистограмм индекса NDVI соответствуют удельной площади поверхности определенного типа (см. рис. 4). Для удобства восприятия столбцы гистограмм, соответствующие различным диапазонам индекса, имеют разные цвета. Так, столбцы серого цвета показывают доли поверхности, практически не покрытую растительностью. Желтый цвет на гистограмме характеризует поверхности, на которых встречаются как открытые участки почвы, так и покрытые растительностью. Зеленым цветом обозна-

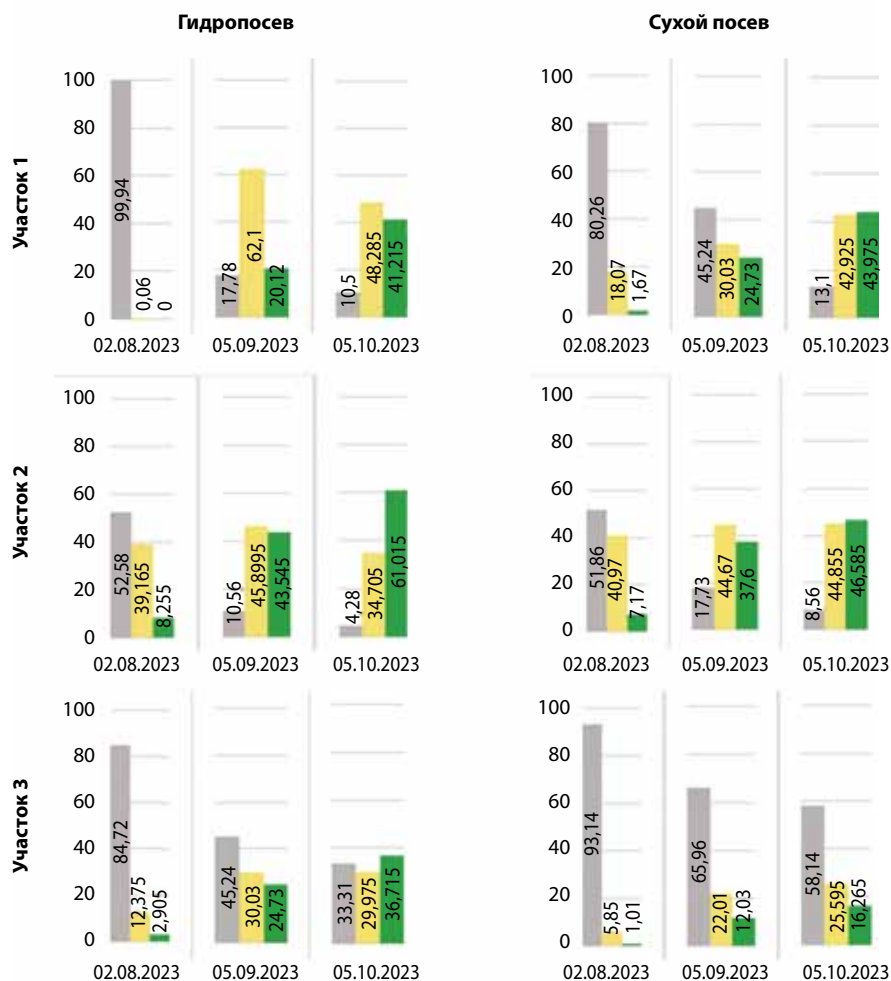


Рис. 4. Визуализация динамики развития растительного покрова на основе гистограмм индекса NDVI: ■ – индекс меньше 0,4; ■ – индекс от 0,4 до 0,8; ■ – индекс больше 0,8

Fig. 4. Visualization of the dynamics of vegetation development based on NDVI index histograms: ■ – index less than 0,4; ■ – index from 0,4 to 0,8; ■ – index greater than 0,8

чена доля поверхности, имеющая сплошной растительный покров.

Как следует из рис. 4, значения индекса NDVI демонстрируют систематический прирост биомассы с момента посадки до момента окончания периода вегетации на всех экспериментальных участках. При этом пик вегетации на всех секторах приходится на последнюю дату наблюдений, то есть прирост биомассы травосмесей происходит вплоть до окончания периода вегетации, обусловлено установкой минусовых температур воздуха и промерзанием грунта.

При сравнении результатов эксперимента на трех участках с разной степенью подготовки поверхностей в рамках горнотехнического этапа рекультивации видно, что наибольшую эффективность по приживаемости и приросту биомассы имеют сектора с гидропосевом смеси трав. При этом наилучший для гидропосева результат наблюдался в секторе с нанесением потенциально плодородного слоя почвы (суглинка).

По сравнению с участком 2, для участка 1 получены относительно невысокие значения прироста растительной био-

массы, несмотря на то, что на этом участке был нанесен дополнительный плодородный слой почвы. Этот результат объясняется несколькими факторами. Прежде всего, участок 1 был засеян на месяц позже, чем участки 2 и 3 из-за более длительной технической подготовки. Как следствие, многие растения не успели закрепиться в грунте перед началом периода дождей. Эрозивные процессы привели к уменьшению популяции искусственно высаженных растений. С другой стороны, наличие в нанесенном плодородном слое почвы семян рудеральных трав практически выровняло объемы биомассы в обоих рассматриваемых секторах первого участка.

На участке 3, на котором не наносились ни потенциально плодородные, ни плодородные слои почвы, наблюдалась ожидаемая картина распределения растительного покрова: несмотря на более низкие значения, по сравнению с участком 2, сектор с гидропосевом смеси трав показал заметно более высокий прирост растительной биомассы.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках настоящего исследования закономерностей процесса восстановления травяного покрова на ключевых техногенных ландшафтах экополигона Кемеровской области – Кузбасса проведено сравнение двух способов посева смеси семян многолетних трав: традиционного сухого посева и гидропосева.

Результаты исследований позволяют сделать вывод о большей эффективности гидропосева по сравнению с традиционным способом сухого посева трав, особенно в случае применения к поверхностям, имеющим значительный уклон. Как следует из анализа результатов, для увеличения эффективности гидропосева необходим подбор определенных условий. Желательно использовать поверхности с нанесенным, по меньшей мере, потенциально плодородным слоем почвы. При нанесении плодородного слоя почвы возможна конкуренция высеваемых методом гидропосева трав с дикими травами, семена которых могут содержаться в черноземе. Необходимо учитывать перспективный прогноз погоды для уменьшения влияния эрозивных явлений на неуко- ренившиеся растения.

В целом можно считать, что метод гидропосева семян многолетних трав при рекультивации техногенно нарушенных земель обладает высокой эффективностью и позволяет достаточно быстро и с относительно невысокими затратами проводить работы по биологическому восстановлению почвенного покрова для дальнейшей высадки кустарников и деревьев.

**Список литературы • References**

- Петренко И.Е. Итоги работы угольной промышленности России за январь-сентябрь 2022 года // Уголь. 2022. № 12. С. 7-21. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-12-7-21.  
Petrenko I.E. Russia's coal industry performance for January–September, 2022. *Ugol'*. 2022;(12):7-21. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-12-7-21.
- Угольная отрасль России в 2023 году. АО АК «ДЕЛОВОЙ ПРОФИЛЬ». [Сайт]. 2011-2024. URL: <https://delprof.ru/press-center/open-analytics/ugolnaya-otrasl-rossii-v-2023-godu/> (дата обращения: 15.04.2024).
- Vrablikova J., Wildova E., Vrablik P. Sustainable Development and Restoring the Landscape after Coal Mining in the Northern Part of the Czech Republic. *Journal of Environmental Protection*. 2016;7(11):1483-1496. DOI: 10.4236/jep.2016.711125.
- César R.G., Belei L., Badari C.G., Viani R.A.G., Gutierrez V., Chazdon R.L., Brancalion P.H.S., Morsello C. Forest and Landscape Restoration: A Review Emphasizing Principles, Concepts, and Practices. *Land*. 2021; 10(1):28. DOI: 10.3390/land10010028.
- Юрченко Ю.В. Требования к рекультивации нарушенных земель // Экология Производства. 2020. № 2. С. 100-108. URL: [https://www.pgplaw.ru/news/Ecology\\_02\\_2020\\_1\\_Юрченко.pdf](https://www.pgplaw.ru/news/Ecology_02_2020_1_Юрченко.pdf) (дата обращения: 15.04.2024).  
Yurchenko Yu.V. Requirements for reclamation of disturbed lands. *Ekologiya Proizvodstva*. 2020;(2):100-108. Available at: [https://www.pgplaw.ru/news/Ecology\\_02\\_2020\\_1\\_Юрченко.pdf](https://www.pgplaw.ru/news/Ecology_02_2020_1_Юрченко.pdf) (accessed 15.04.2024). (In Russ.).
- О необходимости комплексной геоэкологической оценки техногенно нарушенных горными работами земель / В.Л. Гаврилов, Н.А. Немова, А.В. Резник и др. // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2023. Т. 334. №10. С. 76-87. DOI: 10.18799/24131830/2023/10/4212.  
Gavrilov V.L., Nemova N.A., Reznik A.V., Kosarev N.S., Kolesnikov A.A. On the need for a comprehensive geo-ecological assessment of lands technogenically disturbed by mining. *Izvestiia Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov*. 2023;334(10):76-87. (In Russ.) DOI: 10.18799/24131830/2023/10/4212.
- Петрова Т.А., Рудзис Э. Виды мелиорантов для рекультивации техногенно нарушенных территорий горной промышленности // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2021. № 4. С. 100-112. DOI: 10.25018/0236-1493-2021-4-0-100.  
Petrova T.A., Rudzish E. Types of soil improvers for reclamation of mining-disturbed lands. *Gornyj informatsionno-analyticheskij byulleten'*. 2021;(4):100-112. (In Russ.). DOI: 10.25018/0236-1493-2021-4-0-100.
- Структура и динамика лесных фитоценозов на нарушенных промышленностью землях / Т.С. Чибрик, Н.В. Лукина, Е.И. Филимонова и др. // Известия Самарского научного центра РАН. 2012. Т. 14. № 1-5. С. 1403-1406.  
Chibrik T.S., Lukina N.V., Filimonova E.I., Glazyrina M.A. Structure and dynamics of forest phytocenoses on industrially disturbed lands. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN*. 2012;14(1-5):1403-1406. (In Russ.).
- Создание искусственного растительного покрова техногенно нарушенных ландшафтов / М.А. Осинцева, В.А. Крюк, Е.А. Дюкова и др. // Уголь. 2023. № 512. С. 56-62. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-512-56-62.  
Osintseva M.A., Kryuk V.A., Dyukova E.A., Burova N.V. Creation of artificial vegetation cover technogenically disturbed landscapes. *Ugol'*. 2023;(512):56-62. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-512-56-62.
- Emeka O.J., Nahazanan H., Kalantar B., Khuzaimah Z., Sani O.S. Evaluation of the Effect of Hydroseeded Vegetation for Slope Reinforcement. *Land*. 2021;10(10):995. DOI: 10.3390/land10100995.
- Gudyniene V., Juzenas S., Stukonis V., Norkeviciene E. Sowing Mixtures of Native Plant Species: Are There Any Differences between Hydroseeding and Regular Seeding? *Plants*. 2021;10(11):2507. DOI: 10.3390/plants10112507.
- Опыт проектирования цифровой модели техногенно нарушенных территорий с применением околосъемной аэрофото съемки (на примере угольного разреза Кемеровской области) / Ф.Ю. Кайзер, О.А. Брель, А.О. Рада и др. // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о Земле. 2023. Т. 46. С. 79-92. DOI: 10.26516/2073-3402.2023.46.79.  
Kaizer Ph.Yu., Brel' O.A., Rada A.O., Kuznetsov A.D. Designing digital model experience of technogenically disturbed territories using near-earth aerial photography (on the example of the coal open pit of the Kemerovo region). *Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Nauki o zemle*. 2023;(46):79-92. (In Russ.). DOI: 10.26516/2073-3402.2023.46.79.
- Asyakina L.K., Vorob'eva E.E., Proskuryakova L.A., Zharko M.Yu. Evaluating extremophilic microorganisms in industrial regions. *Foods and Raw Materials*. 2023;11(1):162-171. DOI: 10.21603/2308-4057-2023-1-556.
- Оценка вегетационного индекса отвалов угольных разрезов на основе данных NDVI / М.А. Осинцева, Е.А. Жидкова, А.Ю. Просеков и др. // Уголь. 2022. № 512. С. 132-141. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-512-132-141.  
Osintseva M.A., Zhidkova E.A., Prosekov A.Yu., Kuznetsov A.D., Rada A.O., Burova N.V. Assessment of the vegetation index of coal mine dumps based on the NDVI DATA. *Ugol'*. 2022;(512): 132-141. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-512-132-141.

**Authors Information**

**Osintseva M.A.** – PhD (Engineering), Head of Project Management Division, Kemerovo State University, Kemerovo, 650000, Russian Federation, e-mail: k1marial@inbox.ru

**Kryuk V.A.** – Laboratory assistant researcher of the Department for the implementation of the comprehensive scientific and technical program, Kemerovo State University, Kemerovo, 650000, Russian Federation, e-mail: vika.kryuk.95@mail.ru

**Dyukova E.A.** – Junior Researcher of the Laboratory for the creation of planting material of increased survival rate, Kemerovo State University, Kemerovo, 650000, Russian Federation, e-mail: jeniadulova@mail.ru

**Burova N.V.** – Director of the Center for Landscape Architecture, Kemerovo State University, Kemerovo, 650000, Russian Federation, e-mail: centrla@mail.ru

**Информация о статье**

Поступила в редакцию: 9.04.2024

Поступила после рецензирования: 16.04.2024

Принята к публикации: 26.04.2024

**Paper info**

Received April 9, 2024

Reviewed April 16, 2024

Accepted April 26, 2024