Оригинальная статья

Original Paper

УДК 58.074:581.5 (571.17) © О.А. Куприянов✉[1], Ю.А. Манаков[2], В.И. Уфимцев[3], Е.Л. Счастливцев[1], 2025

[1] Федеральный исследовательский центр информационных и вычислительных технологий, Кемеровский филиал (ФИЦ ИВТ СО РАН), 650025, г. Кемерово, Россия
[2] ФГБУ «Институт почвоведения и агрохимии СО РАН», 630090, г. Новосибирск, Россия
[3] ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН» (ФИЦ УУХ СО РАН), 650065, г. Кемерово, Россия
✉ e-mail: kuproa@gmail.com

UDC 58.074:581.5 (571.17) © O.A. Kupriyanov✉[1], Yu.A. Manakov[2], V.I. Ufimtsev[3], E.L. Schastlivtsev[1], 2025

[1] Federal Research Center for Information and Computational Technologies, Kemerovo Branch, Kemerovo, 650025, Russian Federation
[2] Institute of Soil Science and Agrochemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, 630090, Russian Federation
[3] Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Kemerovo, 650065, Russian Federation
✉ e-mail: kuproa@gmail.com

Природоподобные технологии: реконструкция растительного покрова на отвалах*

Nature-like technologies: reconstruction of vegetation cover of coal industry dumps

DOI: http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2025-10-114-122

КУПРИЯНОВ О.А.
Канд. биол. наук, научный сотрудник Лаборатории моделирования геоэкологических систем, ФИЦ ИВТ СО РАН, 650025, г. Кемерово, Россия, e-mail: kuproa@gmail.com

МАНАКОВ Ю.А.
Доктор биол. наук, ведущий научный сотрудник ФГБУ «Институт почвоведения и агрохимии СО РАН», 630090, г. Новосибирск, Россия, e-mail: manakov@issa-siberia.ru

УФИМЦЕВ В.И.
Доктор биол. наук, главный научный сотрудник, заведующий лабораторией рекультивации и биомониторинга, ФИЦ УУХ СО РАН, 650065, г. Кемерово, Россия, e-mail: uwy2079@gmail.com

СЧАСТЛИВЦЕВ Е.Л.
Доктор техн. наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией Моделирования геоэкологических систем, ФИЦ ИВТ СО РАН, 650025, г. Кемерово, Россия, e-mail: schastlivtsev@ict.sbras.ru

Представлены результаты многолетнего эксперимента по восстановлению флористического разнообразия на отвалах горных пород с помощью природоподобных технологий реставрации лугово-степных экосистем, сходных с зональными сообществами. Технология реставрации растительности на отвалах осуществляется в два этапа. На первом этапе заготавливается травяно-семенная смесь (ТСС). Для этого на маточных участках производится скашивание надземной массы растений в начале лета (чтобы попали семена раннецветущих растений) и в конце лета (чтобы попали семена позднелетних растений). Измельченная ТСС наносится поздней осенью на выположенную поверхность отвала с рекультивационным слоем лессовидных суглинков. Исследования, которые продолжались с 2014 по 2023 год показали, что в результате применения этой технологии формируются лугово-степные со-

** Исследовательская работа выполнена в рамках государственного задания Разработка научных основ оценки состояния и восстановления флористического разнообразия in situ и ex situ в регионах с высокой степенью деградации экосистем в результате антропогенного и техногенного воздействий. 2024-2025 гг.; (номер госрегистрации 124041100075-7).*
Работа выполнена в рамках государственного, задания Минобрнауки России для Федерального исследовательского центра информационных и вычислительных технологий.

общества, насчитывающие 30-40 видов природной флоры с доминированием Artemisia frigida, Artemisia glauca, Dianthus versicolor, Galium verum, Goniolimon speciosum, Medicago falcata, Scabiosa ochroleuca, Seseli ledebourii, Stipa capillata, Veronica spicata и др. Данная технология позволяет восстанавливать природоподобные растительные сообщества с высоким флористическим разнообразием на нарушенных землях за 3-4 года. Производственный эксперимент проведен на площади 3 га на внешних отвалах одного из угледобывающих предприятий Кузбасса.

Ключевые слова: *нарушенные земли, природоподобные технологии, реконструкция лугово-степных сообществ, флористическое разнообразие.*

Для цитирования: Природоподобные технологии: реконструкция растительного покрова на отвалах /О.А. Куприянов, Ю.А. Манаков, В.И. Уфимцев и др. // Уголь. 2025;(10): 114-122. DOI: 10.18796/0041-5790-2025-10-114-122.

Abstract

The results of a long-term experiment on the development of a technology designed to restore the floral diversity of landfills close to zonal communities are presented. The technology of vegetation restoration in landfills is carried out in two stages. At the first stage, a grass-seed mixture (GSM) is harvested by mowing the above-ground mass of plants in the mother areas in early summer (so that the seeds of early-flowering plants get in) and at the end of summer (so that the seeds of late-summer plants get in). The grass-seed mixture is crushed and applied to the landfill in late autumn. Studies that lasted from 2014 to 2023 showed that as a result of the application of this technology, meadow-steppe communities are formed, numbering 30-40 species of natural flora dominated by Artemisia frigida, Artemisia glauca, Dianthus versicolor, Galium verum, Goniolimon speciosum, Medicago falcata, Scabiosa ochroleuca, Seseli ledebourii, Stipa capillata, Veronica spicata and others. This technology stimulates the formation of nature-like plant communities. Production experiments were carried out on an area of 3 hectares at the dumps of the Vinogradovsky coal mine of the Kuzbass Fuel Company.

Keywords

Kuzbass, coal mining dumps, nature-like technologies, reconstruction of vegetation cover of dumps.

Acknowledgements

The research was carried out as part of a state assignment to develop scientific principles for assessing the status and restoration of floral diversity in situ and ex situ in regions with a high degree of ecosystem degradation as a result of anthropogenic and technogenic impacts. 2024-2025; (State registration number 124041100075-7).

The work was performed under the State Assignment of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation for the Federal Research Center for Information and Computational Technologies.

For citation

Kupriyanov O.A., Manakov Yu.A., Ufimtsev V.I., Schastlivtsev E.L. Nature-like technologies: reconstruction of vegetation cover of coal industry dumps. *Ugol'*. 2025;(10):114-122. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2025-10-114-122.

ВВЕДЕНИЕ

Природоподобные технологии – это технологии, воспроизводящие системы и процессы живой природы в виде технических систем и технологических процессов, интегрированных в естественный природный ресурсооборот. Основанием для исследований в этом направлении являются: Указ Президента Российской Федерации: «О развитии природоподобных технологий в Российской Федерации» [1] и Указ Президента Российской Федерации: «Об утверждении приоритетных направлений научно-технологического развития и перечня важнейших наукоемких технологий» [2].

В России восстановление нарушенных земель получило термин «рекультивация», под которой в соответствии с действующим Постановлением Правительства РФ [3] понимаются мероприятия по предотвращению деградации земель и (или) восстановлению их плодородия посредством приведения земель в состояние, пригодное для их использования в соответствии с целевым назначением и разрешенным использованием, в том числе путем устранения последствий загрязнения почв, восстановления плодородного слоя почвы, создания защитных лесных насаждений.

Рекультивация имеет два этапа: технический и биологический. Техническая рекультивация включает подготовку нарушенных земель к проведению биологического этапа. К ней относятся планировка, формирование откосов, снятие, транспортирование, нанесение почв плодородных пород, при необходимости коренная мелиорация, строительство дорог, специальных гидротехнических сооружений и т.д.

Биологическая рекультивация включает комплекс агротехнических, биологических и фитомелиоративных мероприятий по восстановлению утраченного качественного состояния земель (в том числе плодородия) с учетом выбранного направления рекультивации для определенного целевого назначения и разрешенного использования. Кроме традиционных направлений рекультивации допустимо природоохранное направление рекультивации нарушенных земель, которое предназначено для восстановления биологического разнообразия и гидрологического режима, в том числе в форме создания особо охраняемых природных территорий регионального и местного значения для сохранения и воспроизводства природных ресурсов [4].

В 1980-х годах рекультивация нарушенных земель вошла в нормативные документы и стала обязательной для горнодобывающей промышленности [5, 6, 7, 8]. На первом этапе научных исследований и технологий рекультивации основная цель мероприятий состояла в возвращении рекультивированных земель в лесо- и сельскохозяйственный оборот. Вопросы восстановления биоразнообразия, экосистемных функций, ландшафтных компонентов на тот момент не рассматривались и эксперименты не проводились.

Исследованиями почвоведов на участках рекультивации с применением различных технологий было установлено, что полностью восстановить утраченные функции почвы в исторически обозримый период невозможно. Максималь-

ный результат, полученный на экспериментальных площадках, составляет 90%, а среднее значение плодородия на рекультивированных землях составляет около 30% [9, 10].

Геоботанические исследования, проведенные во всех природно-климатических зонах Кузбасса также подтверждают, что процессы длительного самозарастания и технологии создания монокультур на отвалах горных пород не обеспечивают восстановление структурных показателей фитоценозов, характерных для данной ботанико-географической зоны.

Результаты длительных геоботанических исследований растительного покрова техногенных ландшафтов позволили сформировать новую парадигму рекультивации нарушенных земель – качественный переход от создания монокультур к реконструкции экосистем. В данной статье представлены результаты первого многолетнего эксперимента по реконструкции степных экосистем на отвале вскрышных горных пород разреза «Виноградовский» ПАО «Кузбасская топливная компания», работающей в Беловском районе Кемеровской области – Кузбассе.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Экспериментальный полигон по реставрации луговостепных экосистем создан в 2014 г. при выполнении проекта «Подготовка плана демонстрационного проекта по разработке технологии реставрации ландшафтов с максимальным восстановлением прежнего рельефа, растительного покрова, а также популяций индикаторных видов» Программы развития ООН и Глобального экологического фонда с участием Минприроды России «Задачи сохранения биоразнообразия в политике и программах развития энергетического сектора России». Промышленным партнером Проекта ПРООН/ГЭФ выступила ПАО «Кузбасская топливная компания», где проект был успешно реализован и вошел в наилучшие российские практики сохранения биологического разнообразия [11].

Отвал вскрыши представлен смешанным составом четвертичных суглинков и песчаников, а также алевролитами и аргиллитами. Каменистость грунтов возрастает с глубины 20-30 см, что свидетельствует о замедлении процесса выветривания в глубине. Элювий аргиллитов рыхлого сложения также обладает высокой водопроницаемостью. На момент организации полигона по реставрации растительный покров отвала находился на пионерной стадии и стадии простых фитоценозов. На территории отвала, вблизи строящегося полигона отмечены 26 видов высших растений, в основном представленных рудеральными растениями – пионеров зарастания.

Схема опыта по реставрации луговостепной растительности на отвалах угольной промышленности предусматривала изучение влияния двух факторов: тип субстрата, на который будет производиться нанесение семенного материала (фактор I), и норма вносимого семенного материала (фактор II).

Тип субстрата: А – контроль, спланированная поверхность отвала; Б – нанесение вскрышных суглинков и глин (10-15 см) (ППП); В – нанесение плодородного слоя почвы (ПСП), взятой с участков вскрыши, расположенных на старой залежи.

В основе определения нормы внесения семенного материала лежит понятие учетной нормы – это масса травяно-семенной смеси (ТСС), собранная с единицы площади и наносимая на такую же единицу площади, подлежащей реставрации, равная 1 (1N). В эксперименте предусмотрено 3 градации: 1N, 2N и 3N учетной нормы ТСС.

Заготовка ТСС проводилась на степных склонах сопок за границами регионального заказника «Бачатские сопки», расположенного на территории Беловского района Кемеровской области (*рис. 1*).

Естественная растительность представлена луговостепными видами с доминированием *Stipa capillata* L. на пологих склонах сопок и *Artemisia frigida* Willd. на каменистых вершинах сопок. Определены три срока уборки семенников: 20 июля (раннелетние цветущие растения), 20 августа (летнецветущие растения) и 20 сентября (поздне-летнецветущие растения). При каждом сроке уборки заготавливалось по 18 учетных норм, скошенных с площади 4000 м^2.

Заготовка ТСС проводилась при помощи бензиновой косилки Husqvarna LC 56 AWD. Растения скашивались, измельчались, высушивались, перемешивались. Осенью 2014 г. ТСС вносилась на отвал, согласно схеме эксперимента (*рис. 2*).

Каждый вариант опыта закладывается на опытных делянах размером 15 × 15 м. Между делянами спроектированы буферные полосы шириной 5 м для устранения краевого эффекта влияния, а также технологического проезда для последующего ухода и ремонта делян. Внутри каждой деляны предусмотрены четыре повторности размером 7,5 × 7,5 м. Общая площадь экспериментального полигона – 1 га.

При проведении исследований в каждом варианте закладывалось по 12 пробных площадей (n = 12) размером 1 м^2; определялись количество видов (шт.), встречаемость, %, парциальное проективное покрытие, % [12, 13].

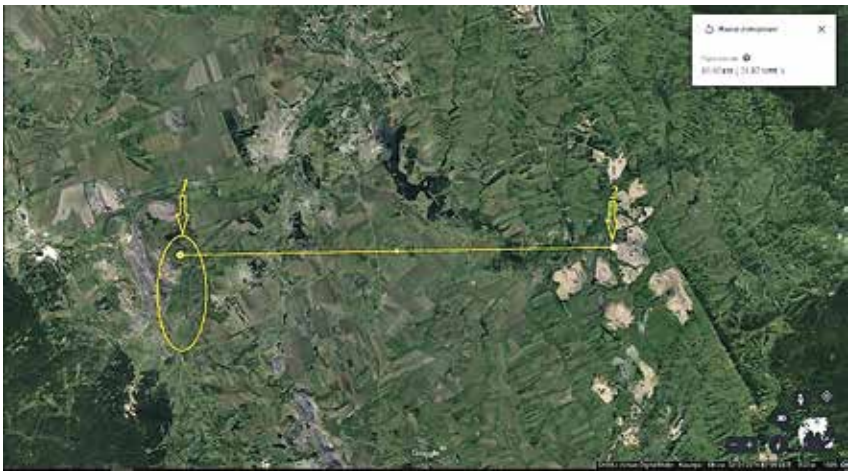

Рис. 1. Расположение Бачатских сопок (1) и экспериментального полигона (2)

Fig. 1. Location of the Bachatsky hills (1) and the experimental site (2)

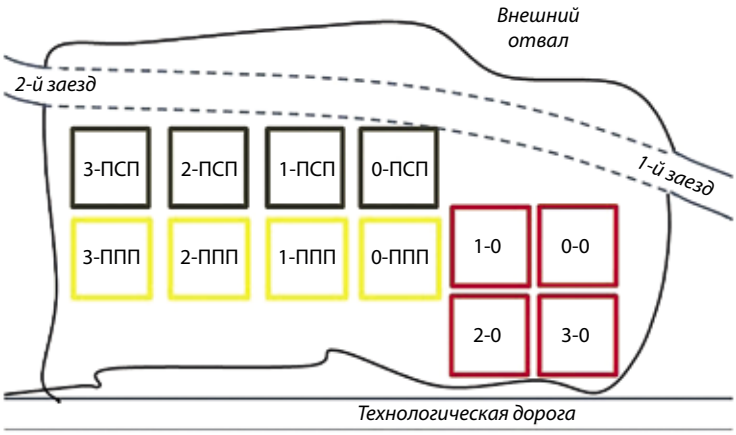

Рис. 2. Экспериментальный полигон по реставрации растительного покрова на отвале (октябрь, 2014 г.)
Fig. 2. A test site to restore vegetation on a spoil dump (October 2014)

Для суммарной оценки ценотического положения вида используется комплексный показатель активности вида, который показывает меру жизненного преуспевания вида на данной территории, одно из выражений «веса вида» в данной флоре [14].

Расчет активности видов выполняется в системе IBIS [15] по формуле:

$$Act = \sqrt{\frac{C \times 100\%}{N} \times \frac{\sum_{i=1}^{N} A_i}{N}} = 10 \times \frac{\sqrt{C \times A_{\Sigma}}}{N}\%, \quad (1)$$

где Act – расчетная активность таксона для мониторинговой площади в процентах (0-100%); N – число учетных площадок (элементарных метровых проб); C – постоянство таксона – абсолютное число учетных площадок, где зарегистрирован таксон; A_i – проективное покрытие таксона на i-ой учетной площадке; A_{Σ} – сумма проективных покрытий таксона на всех учетных площадках.

Классы постоянства (КП) в таблицах даны римскими цифрами по пятибалльной шкале: I – вид присутствует менее чем в 20% описаний, II – 21-40%, III – 41-60%, IV – 61-80%, V – в более 80% описаний [16].

Коэффициент синантропизации рассчитывался по формуле, предложенной Е.П. Прокопьевым с соавторами [17]:

$$K_s = \frac{a_i}{a_i + b_i} * 100,$$

где a_i – встречаемость синантропных видов в составе спонтанной флоры, b_i – встречаемость видов гемерофобов.

Исследования проводились девять лет с 2015 по 2023 г.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

За девять лет на экспериментальном полигоне зарегистрировано 144 вида растений. К растениям природной флоры относятся 105 видов, в том числе растения из списка Красной книги Кузбасса [18]: *Agropyron kazachstanicum* (Tzvel.) Peschkova, *Allium vodopjanovae* Friesen, *Gypsophila gmelinii* Bunge., Stipa pennata L. К синантропным видам отнесен 41 вид, в том числе восемь видов, внесенных в Черную Книгу Сибири [19]: *Acer negundo* L., *Amoria hybrida* (L.) C. Presl., *Conyza canadensis* (L.) Cronquist, *Echium vulgare* L., *Epilobium adenocaulon* Hausskn., *Melilotus officinalis* (L.) Pall., *Pastinaca sativa* L., *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip.

ИЗМЕНЕНИЕ ФЛОРИСТИЧЕСКОГО СОСТАВА В КОНТРОЛЕ

В варианте без нанесения ТСС первые четыре года доминировала *Salsola collina*, которая активно участвует на первых стадиях зарастания отвалов в Кузбассе [20, 21], и только на пятый год с IV классом постоянства отмечен *Oxytropis pilosa* (L.) DC., который доминировал в течение последующих лет. Остролодочник волосистый – типичный степной вид, произрастающий на каменистых склонах Караканского хребта и Бачатских сопок [22, 23], однако на отвалах встречается очень редко. В результате пересева с других вариантов опыта в 2022 г. появился *Goniolimon speciosum* (L.) Boiss. – обычное степное растение (*рис. 3*).

За девять лет наблюдений и анализа всех вариантов контроля с нанесением ТСС с классом постоянства V отмечено пять видов (*Oxytropis pilosa, Stipa capillata, Goniolimon speciosum, Salsola collina* Pall.); IV – два вида (*Oxytropis campanulata* Vassilcz. и *Medicago falcata*); III – шесть видов, II – 10 видов и I – 26 видов. В первый и второй классы постоянства входят более 73% видов, что свидетельствует о нестабильности формирующихся сообществ (*табл. 1*).

ИЗМЕНЕНИЕ ФЛОРИСТИЧЕСКОГО СОСТАВА В ВАРИАНТАХ С НАНЕСЕНИЕМ ПОЧВЫ (ПСП)

За девять лет наблюдений в этих вариантах зарегистрировано 127 видов растений. Среднее проективное покрытие по всем вариантам составило 43,7%. В варианте без нанесения ТСС поселились 15 видов, при увеличении нормы внесения ТСС 1, 2, 3 количество видов оставалось стабильным и составило по 24 вида в данных вариантах опыта (*рис. 4*).

Наибольшее проективное покрытие имели: *Elytrigia repens* (10,93%), *Artemisia frigida* (4,07%), *Stipa capillata* (3,39%). Суммарное проективное покрытие этих видов составляет 42% общего проективного покрытия.

Рис. 3. Контроль (горная порода), вариант ТСС 2N: 2016 г., 2023 г.
Fig. 3. A reference site (rocks), GSM 2N Option: 2016, 2023

Таблица 1

Классы постоянства в контроле (КП)

Constancy classes in the reference site (CC)

Виды растений	КП	Виды растений	КП	Виды растений	КП
Контроль без внесения ТСС (0 Контроль)					
2015 г.		**2016 г.**		**2017 г.**	
Salsola collina	V	*Salsola collina*	II	*Salsola collina*	V
2018 г.		**2019 г.**		**2020 г.**	
Salsola collina	V	*Salsola collina*	V	*Oxytropis pilosa*	III
		Oxytropis pilosa	IV	*Salsola collina*	III
2018 г.		**2019 г.**		**2020 г.**	
Salsola collina	V	*Salsola collina*	V	*Salsola collina*	III
				Oxytropis pilosa	III
2021 г.		**2022 г.**		**2023 г.**	
Salsola collina	V	*Oxytropis pilosa*	IV	*Salsola collina*	V
Oxytropis pilosa	III	*Salsola collina*	IV	*Artemisia sieversiana* Willd.	V
		Goniolimon speciosum	III		
Контроль с внесением ТСС (1-3 Контроль)					
2015 г.		**2016 г.**		**2017 г.**	
Salsola collina	V	*Salsola collina*	III	*Salsola collina*	V
2018 г.		**2019 г.**		**2020 г.**	
Salsola collina	V	*Elytrigia repens* (L.) Nevski	II	*Oxytropis pilosa*	II
Cirsium setosum (Willd.) Besser	III	Cirsium setosum	II	*Oxytropis campanulata*	III
		Salsola collina	II	*Goniolimon speciosum*	III
2021 г.		**2022 г.**		**2023 г.**	
Salsola collina	V	*Oxytropis pilosa*	V	*Oxytropis pilosa*	V
Oxytropis pilosa	V	*Goniolimon speciosum*	V	*Goniolimon speciosum*	V
		Medicago falcata	IV	*Medicago falcata*	V

Наибольшей активностью в варианте с нанесением почвы за весь период наблюдений обладали *Elytrigia repens* (33,06 балл), *Artemisia frigida* (19,03 балла), *Stipa capillata* (18,42 балла), *Dactylis glomerata* L. (10,45 балла), *Medicago falcata* (10,30 балл).

Внесенная почва из залежи на отвал в значительной степени была заражена корневищами *Elytrigia repens*, класс постоянства которого за весь период наблюдений составлял IV-V. Другие виды с высокой встречаемостью стали появляться на шестой год и представлены видами, характерными для залежей (*Taraxacum officinale, Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub, *Artemisia sieversiana*), также появляются лугово-степные виды (*Pilosella lydiae* (Schischk. et Steinb.) Tupitzina, *Dactylis glomerata*.

Внесение ТСС в значительной мере изменяет флористический состав опытных вариантов. На пятый год наблюдений *Elytrigia repens* сохранился в небольшом обилии. С высокими классами постоянства отмечены лугово-степные виды, характерные для юго-западных склонов Караканского хребта и Бачатских сопок [22-23]: *Stipa capillata,*

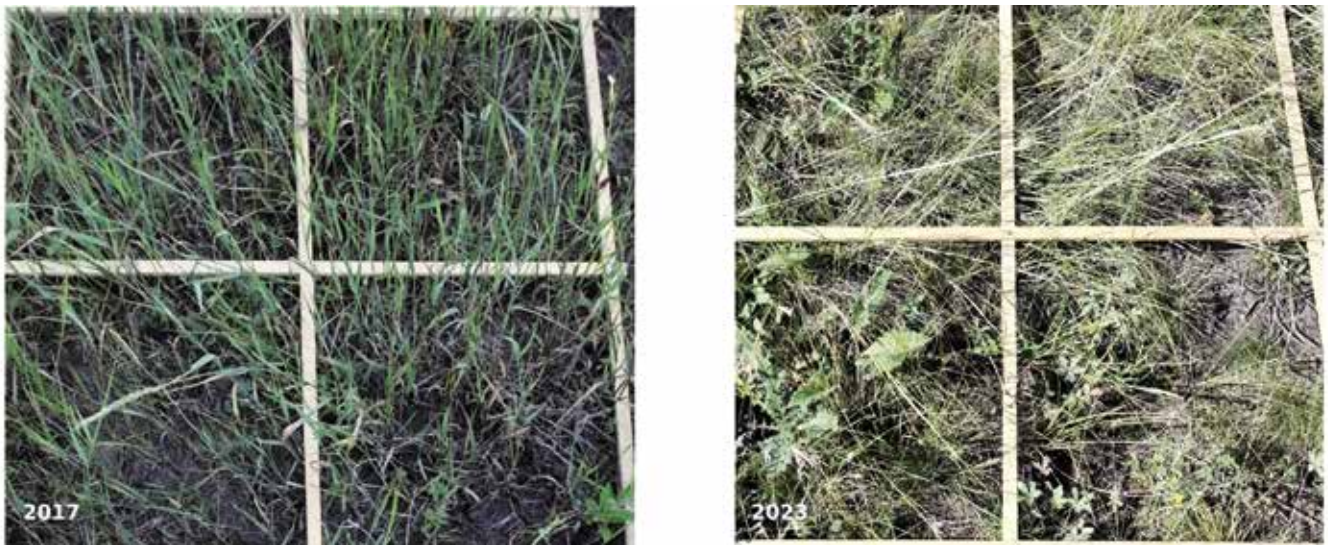

Рис. 4. Нанесение почвы, вариант 2N ТСС: 2017 г., 2023 г.
Fig. 4. Soil spreading, 2N GSM Option: 2017, 2023

Таблица 2

Классы постоянства в вариантах с нанесением почвы на отвал (КП)

Constancy classes in options with soil spread over the spoil dump (CC)

Нанесение почвы без внесения ТСС (0 ПСП)					
2015 г.		**2016 г.**		**2017 г.**	
Elytrigia repens	III	*Elytrigia repens*	V	*Elytrigia repens*	V
				Salsola collina	V
				Sonchus arvensis L.	IV
2018 г.		**2019 г.**		**2020 г.**	
Elytrigia repens	V	*Elytrigia repens*	V	*Elytrigia repens*	IV
Artemisia sieversiana	III	*Artemisia sieversiana*	V	*Vicia amoena*	III
		Taraxacum officinale	V	*Artemisia sieversiana*	III
		Vicia amoena Fisch.	IV		
2021 г.		**2022 г.**		**2023 г.**	
Taraxacum officinale	V	*Dactylis glomerata*	IV	*Taraxacum officinale*	V
Pilosella lydiae	IV	*Taraxacum officinale*	IV	*Bromopsis inermis*	IV
				Artemisia sieversiana	IV
Нанесение почвы и внесение ТСС (1-3ПСП)					
2015 г.		**2016 г.**		**2017 г.**	
Elytrigia repens	V	*Elytrigia repens*	V	*Elytrigia repens*	V
Medicago falcata	V	*Melandrium album (Mill.) Garcke*	IV	*Stipa capillata*	IV
Stipa capillata	IV	*Artemisia frigida*	III	*Artemisia frigida*	IV
Artemisia frigida	IV	*Chenopodium album L.*	III	*Goniolimon speciosum*	III
Melandrium album	IV	*Melilotus officinalis*	III	*Salsola collina*	III
Atriplex sagittata Borkh.	III	*Stipa capillata*	II		
2018 г.		**2019 г.**		**2020 г.**	
Elytrigia repens	V	*Elytrigia repens*	V	*Artemisia frigida*	III
Artemisia frigida	III	*Dactylis glomerata*	III	*Festuca pseudovina Hack. ex Wiesb.*	III
Seseli ledebourii	III	*Stipa capillata*	III	*Dactylis glomerata*	III
Medicago falcata	III			*Elytrigia repens*	II
Stipa capillata	II			*Stipa capillata*	II
2021 г.		**2022 г.**		**2023 г.**	
Scabiosa ochroleuca	III	*Artemisia frigida*	I	*Stipa capillata*	V
Seseli ledebourii	III	*Scabiosa ochroleuca*	III	*Allium nutans*	V
Stipa capillata	III	*Seseli ledebourii*	III	*Artemisia frigida*	V
		Stipa capillata L.	III		

Рис. 5. Варианты с нанесением суглинков, ТСС 2N: 2017 г., 2023 г.
Fig. 5. Options with spreading loams, GSM 2N Option: 2017, 2023

Allium nutans L., *Artemisia frigida, Scabiosa ochroleuca* L., *Seseli ledebourii* G.Don (*табл. 2*).

За девять лет наблюдений внесение ТСС привело к формированию природоподобного сообщества, в которое с V классом постоянства вошли 14 видов (*Stipa capillata, Medicago falcata, Seseli ledebourii, Taraxacum officinale, Goniolimon speciosum, Linaria vulgaris* Mill., *Galium verum* L., *Artemisia frigida, Veronica spicata* L., *Scabiosa ochroleuca, Artemisia glauca* Pall. ex Willd., *Dianthus versicolor* Fisch. ex Link, *Elytrigia repens*), в IV класс постоянства вошли 12 видов (*Cirsium setosum, C. vulgare* (Savi) Ten., *Tripleurispermum inodorum, Artemisia sieversiana, Bromopsis inermis, Euphorbia virgata* Waldst. & Kit., *Heteropappus altaicus* (Willd.) Novopokr., *Galatella angustissima* (Tausch) Novopokr.); в III класс постоянства вошли 20 видов, во II и I – 81 вид.

ИЗМЕНЕНИЕ ФЛОРИСТИЧЕСКОГО СОСТАВА В ВАРИАНТАХ С НАНЕСЕНИЕМ СУГЛИНКОВ (ППП)

За все время наблюдений в варианте с нанесением суглинков зарегистрировано 75 видов растений. Среднее проективное покрытие по всем вариантам составило 41,9%. Количество видов в данном варианте без нанесения ТСС составило 13, при увеличении нормы внесения ТСС от 1 до 3 количество видов увеличилось с 16 до 23 (*рис. 5*).

Наибольшее проективное покрытие имели: *Medicago falcata* (12,23%), *Stipa capillata* (7,91%), *Artemisia frigida* (7,61%), *Festuca pseudovina* (7,21%).

Выявлена группа с высокой активностью в варианте с нанесением суглинков: *Medicago falcata* (32,98 балла), *Stipa capillata* (28,13 балла), *Artemisia frigida* (22,53 балла), *Seseli ledebourii* (14,47 балла), *Goniolimon speciosum* (14,45 балла). Среди 12 видов, обладающих высокой активностью, преобладают лугово-степные виды, их суммарная активность составляет 66% от общей активности видов.

В варианте с нанесением суглинков при отсутствии внесения ТСС в течение семи лет V класс постоянства имеет *Elytrigia repens*. В последующие годы доминируют сорные виды: *Artemisia sieversiana* и *Cirsium setosum*, а также лугово-степные виды: *Stipa capillata* и *Medicago falcata (табл. 3)*.

С нанесением суглинков и при внесении ТСС в первый год с высоким постоянством встречаются лугово-степные растения: *Stipa capillata, Medicago falcata, Artemisia frigida, Seseli ledebourii*. Класс постоянства *Elytrigia repens* со значением IV-V сохраняется до пятого года наблюдений.

За 9 лет наблюдений в данном варианте опыта с нормой внесения ТСС V класс постоянства имели 6 видов (*Stipa capillata, Seseli ledebourii, Goniolimon speciosum, Medicago falcata, Artemisia glauca, Cirsium setosum*), IV класс – 4 вида (*Plantago urvillei* Opiz, *Artemisia frigida, Festuca pseudovina, Scabiosa ochroleuca*); III класс – 7 видов, II и I классы – 58 видов (*табл. 3*).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Многолетний эксперимент по реставрации растительного покрова показал, что внесение травяно-семенной смеси (ТСС) на отвалы имеет наиболее выраженный эффект в вариантах нанесения потенциально плодородных суглинков, в которых не содержится семязачатков сорных растений, активно занимающих и удерживающих

Таблица 3

Классы постоянства в вариантах с нанесением суглинков на отвал (ППП)

Constancy classes in options with loams spread over the spoil dunp (ППП)

Нанесение суглинков без внесения ТСС (0 ПСП)					
2015 г.		**2016 г.**		**2017 г.**	
Elytrigia repens	II	*Elytrigia repens*	IV	*Elytrigia repens*	V
		Cirsium setosum	III	*Salsola collina*	V
				Cirsium setosum	V
				Medicago falcate	IV
				Sonchus arvensis	III
2018 г.		**2019 г.**		**2020 г.**	
Elytrigia repens	V	*Elytrigia repens*	V	*Elytrigia repens*	V
Cirsium setosum	V	*Vicia amoena*	III	*Cirsium setosum*	IV
Salsola collina	IV	*Cirsium setosum*	III	*Vicia amoena*	IV
Stipa capillata	III	*Euphorbia virgata*	III	*Stipa capillata*	III
2021 г.		**2022 г.**		**2023 г.**	
Elytrigia repens	V	*Medicago falcata*	IV	*Artemisia sieversiana*	V
Medicago falcata	III	*Seseli ledebourii*	IV	*Cirsium setosum*	V
Linaria vulgaris	III	*Allium nutans*	III	*Medicago falcata*	V
Crepis tectorum L.	III			*Stipa capillata*	V
Нанесение суглинков и внесение ТСС (1-3 N ППП)					
2015 г.		**2016 г.**		**2017 г.**	
Stipa capillata	V	*Stipa capillata*	V	*Artemisia frigida*	V
Medicago falcata	V	*Artemisia frigida*	V	*Stipa capillata*	V
Elytrigia repens	IV	*Medicago falcata*	IV	*Medicago falcata*	V
Artemisia frigida	III	*Elytrigia repens*	III	*Cirsium setosum*	V
Seseli ledebourii	III	*Seseli ledebourii*	III	*Seseli ledebourii*	V
				Elytrigia repens	IV
2018 г.		**2019 г.**		**2020 г.**	
Medicago falcata	V	Elytrigia repens	III	*Artemisia frigida*	III
Stipa capillata	V	Artemisia frigida	III	*Dactylis glomerata*	III
Goniolimon speciosum	IV	Medicago falcata	III	*Festuca pseudovina*	III
Seseli ledebourii	III	Stipa capillata	III		
Elytrigia repens	III	Seseli ledebourii	III		
Artemisia frigida	III				
Galatella angustissima	III				
2021 г.		**2022 г.**		**2023 г.**	
Medicago falcata	V	*Stipa capillata*	V	*Stipa capillata*	V
Seseli ledebourii	V	*Medicago falcata*	V	*Medicago falcata*	V
Stipa capillata	V	*Allium nutans*	IV	*Allium nutans*	V
Seseli ledebourii	V	*Seseli ledebourii*	IV	*Seseli libanotis*	V
				Taraxacum officinale	IV
				Cirsium setosum	IV

доминирование в первые несколько лет, как это наблюдалось в вариантах с ПСП. При этом суглинки обладают благоприятными физическими параметрами, что также способствует быстрому формированию лугово-степных природоподобных сообществ.

В вариантах без внесения ТСС сингенез ожидаемо направлен в сторону формирования пионерных или групповo-зарослевых сообществ, характерных для зарастания отвалов. Однако по прошествии нескольких лет простые растительные сообщества значительно обогащались растениями лугово-степной ценотической группы, которые расселялись с опытных участков, где применялась ТСС.

Блок вариантов с нанесением суглинков и почвы на отвал с последующим внесением ТСС имеет выраженные тренды формирования природоподобных сообществ. Динамика флористического состава в разных вариантах реставрации растительного покрова показывает, что землевание, как и нанесение суглинков, ускоряет процессы заселения отвалов травянистыми растениями, но сформировать природоподобные растительные сообщества возможно только при внесении ТСС, заготовленных на природных участках. При этом появляется возможность сформировать полидоминантное сообщество с доминированием *Stipa cappilata, Artemisia frigida, Goniolimon speciosum, Medicago falcata, Seseli ledebouriana* и некоторых других лугово-степных видов. При внесении ТСС происходит постепенная неуклонная сукцессия, в ходе которой изменяются флористический состав и проективное покрытие, причем сорные виды получают преимущество только в тех вариантах, где семязачатки изначально присутствовали в субстрате. В целом, элизия сорных видов из создавшихся фитоценозов и закрепление лугово-степных растений

происходят на 5-6 год, поэтому наиболее эффективно насыпать на поверхность отвалов рекультивационный слой, состоящий из покровных лессовидных суглинков, которые широко распространены на территории Кузбасса.

Список литературы • References

1. Указ Президента Российской Федерации: «О развитии природоподобных технологий в Российской Федерации» от 2.11.2023.
2. Указ Президента Российской Федерации: «Об утверждении приоритетных направлений научно-технологического развития и перечня важнейших наукоемких технологий от 18.06.2024 № 529.
3. Постановление Правительства РФ от 10.07.2018 № 800 (ред. от 07.03.2019) «О проведении рекультивации и консервации земель» (вместе с «Правилами проведения рекультивации и консервации земель»)
4. ГОСТ-Р 57446 -2017. Наилучшие доступные технологии. Рекультивация нарушенных земель и земельных участков. Восстановление биологического разнообразия.
5. ГОСТ Р 57007-2016 Наилучшие доступные технологии. Биологическое разнообразие. Термины и определения.
6. Баранник Л.П., Шмонов А.М., Николайченко В.П. Рекомендации по лесной рекультивации нарушенных угледобычей земель в Кузбассе. Кемерово, 2005. 28 с.
7. Шмонов А.М., Баранник Л.П. Рекомендации по созданию лесных насаждений на отвалах угольных разрезов Кузбасса. Воронеж, 1989. 15 с.
8. ГОСТ Р 59057-2020. Охрана окружающей среды. Земли. Общие требования по рекультивации нарушенных земель, от 01.04.2021.
9. ГОСТ 17.5.1.03-86 Охрана природы. Земли. Классификация вскрышных и вмещающих пород для биологической рекультивации земель.
10. Андроханов В.А., Овсяникова С.В., Курачев В.М. Техноземы. Свойства, режимы, функционирование. Новосибирск. 2000. 200 с.
11. Сборник инновационных решений по сохранению биоразнообразия для угледобывающего сектора: отв. редакторы С.А. Шейнфильд, О.И. Литвин, Ю.А. Манаков. Кемерово, Новокузнецк: ИнЭкА, 2017. 256 с.
12. Гаджиев И.М., Курачев В.М., Андраханов В.А. Стратегия и перспективы решения проблем рекультивации нарушенных земель. Новосибирск: Наука, 2001. 36 с.
13. Работнов Т.А. Фитоценология. 3-е изд. М.: МГУ, 1992. 352 с.
14. Таранов С.А., Кандрашин Е.Р., Факулин Ф.А., Шушуева М.Г., Родынюк И.С. Парцеллярная структура фитоценоза и неоднородность молодых почв техногенных ландшафтов. Почвообразование в техногенных ландшафтах. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-е, 1979. С.19-57.
15. Куприянов А.Н., Казьмина С.С., Зверев А.А. Изменение флористического состава растительных сообществ Караканского хребта вблизи угольных разрезов // Вестн. Том. гос. ун-та. Биология. 2018. № 43. С. 66-88. DOI: 10.17223/19988591/43/4.
Kupriyanov A.N., Kazmina S.S., Zverev A.A. Changes in the floral composition of plant communities of the Karakansky ridge near coal mines. *Veatnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya*. 2018;(43): 66-88. (In Russ.). DOI: 10.17223/19988591/43/4.
16. Зверев А.А. Информационные технологии в исследованиях растительного покрова Томск: ТМЛ-Пресс, 2007. 304 с.
17. Прокопьев Е.П., Мерзлякова И.Е., Минеева Т.А., Кудрявцев В.А. К разработке методов оценки синантропизации флоры и растительности урбанизированных территорий. В кн.: Синантропизация растений и животных. Иркутск, 2007. С. 124-127.
18. Красная книга Кузбасса. Т. 1. Растения и Грибы. Кемерово: «Вектор-Принт», 2021. 240. с.
19. Черная Книга флоры Сибири. Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2016. 440 с.
20. Манаков Ю.А., Стрельникова Т.О., Куприянов А.Н. Формирование растительного покрова в техногенных ландшафтах Кузбасса. Новосибирск: Изд-ние СО РАН, 2011. 180 с.
21. Куприянов А.Н., Морсакова Ю.В. Начальные этапы формирования растительного покрова на техногенных экотопах Кузбасса // Сибирский экологический журнал. № 2. 2008. С. 255-261.
Kupriyanov A.N., Morsakova Yu.V. Initial stages of the formation of plant cover on industry-caused ecotopes of Kuzbass. *Sibirskij ekologicheskij zhurnal.* 2008;(2):255-261. (In Russ.).
22. Лащинский Н.Н., Шереметова С.А., Макунина Н.И. и др. Растительный мир Караканского хребта. Кемерово, 2011. 130 с.
23. Флористическое разнообразие заказника «Караканский» / Т.О. Стрельникова, С.А. Шереметова, И.А. Хрусталева и др. // Ботанические исследования Сибири и Казахстана. 2022. Вып 28. С. 94-100.
Strelnikova T.O., Sheremetova S.A., Khrustaleva I.A., Ufimtsev V.I., Manakov Yu.A., Kupriyanov O.A. Floristic diversity of the Karakansky Nature Reserve. *Botanicheskie issledovaniya Sibiri i Kazahstana.* 2022;(28):94-100. (In Russ.).

Authors Information

Kupriyanov O.A. – PhD (Biological), Research Associate of Laboratory of Geoecological Systems Modeling, Federal Research Center for Information and Computational Technologies, Kemerovo Branch, Kemerovo, 650025, Russian Federation, e-mail: kuproa@gmail.com

Manakov Yu.A. – Doctor of Biological Sciences, Leading Researcher, Institute of Soil Science and Agrochemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, 630090, Russian Federation, e-mail: manakov@issa-siberia.ru

Ufimtsev V.I. – Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher, Head of the Reclamation and Biomonitoring Laboratory, Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Kemerovo, 650065, Russian Federation, e-mail: uwy2079@gmail.com

Schastlivtsev E.L. – Doctor of Engineering Sciences, Leading Researcher, Head of Laboratory of Geoecological Systems Modeling, Federal Research Center for Information and Computational Technologies, Kemerovo Branch, Kemerovo, 650025, Russian Federation, e-mail: schastlivtsev@ict.sbras.ru

Информация о статье

Поступила в редакцию: 26.02.2025
Поступила после рецензирования: 18.09.2025
Принята к публикации: 29.09.2025

Paper info

Received February 26, 2025
Reviewed September 18, 2025
Accepted September 29, 2025