

Восстановление нарушенных земель: использование автохтонных почв для создания зонального разнообразия в искусственных насаждениях

*А.В. Климов¹⁾, Е.Е. Перфильев¹⁾, К.В. Стадникова¹⁾, И.О. Тихонова²⁾ **

¹⁾ ООО «ИнЭКА-консалтинг»,
Российская Федерация, 654079, Кемеровская область, г. Новокузнецк, а/я 2386

²⁾ ФГАУ «НИИ «Центр экологической промышленной политики»,
Российская Федерация, 141006, Московская обл., г. Мытищи, Олимпийский проспект, д. 42

* Адрес для переписки: *iritimay@gmail.com*

Реферат. В статье обсуждаются основные подходы к рекультивации земель, нарушенных в ходе добычи угля открытым способом. Авторы обсуждают существующую систему документов по стандартизации, устанавливающую правила проведения рекультивации, состоящие из технического и биологического этапа. В ситуационном исследовании, посвященном повышению эффективности сохранения и восстановления биологического разнообразия в регионах с открытой угледобычей на примере искусственного сорокалетнего соснового насаждения, приуроченного к подтайге восточной окраины Кузнецкой котловины, впервые проводился эксперимент по корректровке восстановительных сукцессий в искусственном сосновом насаждении. Результаты эксперимента показали, что на исследуемых участках структура растительного покрова и флористический состав соснового насаждения на протяжении пяти лет претерпели значительные качественные и количественные изменения, то есть на участках наблюдения отмечена восстановительная сукцессия лесного типа.

Ключевые слова. Рекультивация, биологический этап, восстановительная сукцессия, добыча угля, динамика флористического состава травостоя, стандартизация, наилучшие доступные технологии.

Disturbed Land Remediation: Using Indigenous Soils to Create Zonal Diversity in Artificial Canopies

*A. V. Klimov¹⁾, E. E. Perfilov¹⁾, K. V. Stadnikova¹⁾, I. O. Tikhonova²⁾ **

¹⁾ InEkA-consulting LLC,
654079, Kemerovo Region, Novokuznetsk, P.O. Box 2386, Russian Federation

²⁾ Federal State Autonomous Institution "Research Institute
"Environmental Industrial Policy Centre",
42, Olympic Avenue, Mytishchi, 141006, Moscow Region, Russian Federation

* Correspondence address: *iritimay@gmail.com*

Abstract. The article discusses the main approaches to the remediation of territories disturbed by opencast coal mining. The authors discuss the existing standardization system establishing the remediation approaches including technical and biological stages. The case study was performed for increasing the efficiency of conservation and restoration of biological diversity in regions with opencast coal mining using the example of an artificial forty-year-old pine plantation confined to the subtaiga of the eastern edge of the Kuznetsk Basin, an experiment was conducted to adjust the restorative successions in an artificial pine plantation. The results of the experiment showed that in the studied areas the structure of the vegetation cover and the floristic composition of the pine plantation underwent significant qualitative and quantitative changes over five years, that is, a restorative succession of the forest type was noted in the observation areas.

Keywords. Remediation, biological stage, restorative succession, coal mining, dynamics of the floristic composition of grass stand, standardisation, best available techniques.

Введение

Проблемы рекультивации нарушенных земель, сохранения и восстановления биологического разнообразия крайне актуальны для многих промышленно развитых территорий, например, Кузбасса (Куприянов и др., 2010).

В зависимости от условий залегания угольных и рудных месторождений и мощности залежей их разработку осуществляют открытым (разрезы или карьеры), подземным (рудники или шахты) или комбинированным открыто-подземным способами. В настоящее время открытым способом добывается около 90% бурых углей, 20% каменных углей, 70% руд черных и цветных металлов. Выбор способа добычи полезного ископаемого – открытого или подземного – определяется горно-геологическими условиями залегания полезных ископаемых и обосновывается технико-экономическими расчетами¹⁾.

Угледобыча открытым способом порождает массу сопряженных проблем, в частности, ведет к полному уничтожению природных экосистем на значительной территории и фрагментации оставшихся, порождает проблему сохранения и складирования почвенного слоя и необходимость осуществления компенсационного лесовосстановления.

Рекультивация земель – комплекс мероприятий, направленных на восстановление утраченного качественного состояния земель, достаточного для их использования в соответствии с целевым назначением и разрешенным использованием²⁾.

Разработка проектов рекультивации должна производиться с учетом³⁾:

¹⁾ ИТС 16 – 2023 «Горнодобывающая промышленность. Общие процессы и методы».

²⁾ ГОСТ Р 59070-2020 Охрана окружающей среды. Рекультивация нарушенных и нефтезагрязненных земель. Термины и определения.

³⁾ ГОСТ Р 59057-2020 Охрана окружающей среды. Земли. Общие требования по рекультивации нарушенных земель.

– природных условий района (климатических, геологических, гидрогеологических, вегетационных);

– фактического состояния нарушенных земель к моменту рекультивации (площади, формы техногенного рельефа, степени естественного зарастания, современного и перспективного использования нарушенных земель, наличия потенциально-плодородных слоев почв, характера эрозионных процессов, уровня загрязнения почвы);

– показателей химического и гранулометрического состава, агрохимических и агрофизических свойств, инженерно-геологической характеристики грунтов⁴⁾;

– хозяйственных, социально-экономических и санитарно-гигиенических условий района размещения нарушенных земель.

Направление рекультивации нарушенных земель выбирают с учетом характера нарушения земель, эколого-экономической целесообразности восстановления их качественного состояния для дальнейшего целевого назначения и разрешенного использования (Скобелев, 2025; Гусева, Тихонова, 2025).

Направления рекультивации в зависимости от видов последующего использования в народном хозяйстве представлены в табл. 1.

Выбранное направление рекультивации должно с наибольшим эффектом и наименьшими затратами обеспечивать решение задач рационального и комплексного использования земельных ресурсов района, создания гармоничных ландшафтов, отвечающих экологическим, хозяйственным, эстетическим и санитарно-гигиеническим требованиям.

Согласно ГОСТ Р 59057-2020 в районах с наличием плодородных почв и благоприятными природными условиями, где возможно производство сельскохозяйственной продукции, рекультивация земель должна вестись преимущественно в сельскохозяйственном направлении. Земельные участки в составе земель лесного фонда преимущественно подлежат лесохозяйственному направлению рекультивации. Главным условием лесохозяйственного направления рекультивации является создание оптимальных лесорастительных условий для формирования древесных насаждений с одной или несколькими лесобразующими породами.

Рекультивация нарушенных земель должна проводиться в два этапа⁵⁾:

– технический этап рекультивации нарушенных земель и земельных участков (техническая рекультивация земель и земельных участков), включающий мероприятия по подготовке поверхности для проведения биологического этапа с учетом выбранного направления рекультивации и в соответствии с последующим целевым назначением и разрешенным использованием земель;

⁴⁾ ГОСТ 17.5.1.03-86 «Охрана природы. Земли. Классификация вскрышных и вмещающих пород для биологической рекультивации земель».

⁵⁾ ГОСТ Р 57446-2017 «Наилучшие доступные технологии. Рекультивация нарушенных земель и земельных участков. Восстановление биологического разнообразия».

– биологический этап рекультивации нарушенных земель и земельных участков (биологическая рекультивация земель и земельных участков), включающий 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 земель. В идеальном варианте предполагается, что еще при начале разработки месторождения следует снимать плодородный слой почвы и хранить его буртах в течение всего срока эксплуатации (в течение 20 лет⁶⁾) – до наступления этапа рекультивации нарушенных земель.

Таблица 1. Классификация нарушенных земель по направлениям рекультивации в зависимости от видов последующего использования⁷⁾

Table 1. Classification of disturbed lands depending on the types of subsequent use

Группа нарушенных земель по направлениям рекультивации	Вид использования рекультивированных земель
Земли сельскохозяйственного направления рекультивации	Пашни, сенокосы, пастбища, многолетние насаждения
Земли лесохозяйственного направления рекультивации	Лесонасаждения общего хозяйственного и полезащитного назначения, лесопитомники
Земли водохозяйственного направления рекультивации	Водоемы для хозяйственно-бытовых, промышленных нужд, орошения и рыбоводческие
Земли рекреационного направления рекультивации	Зоны отдыха и спорта: парки и лесопарки, водоемы для оздоровительных целей, охотничьи угодья, туристические базы и спортивные сооружения
Земли природоохранного и санитарно-гигиенического направлений рекультивации	Участки природоохранного назначения: противозерозионные лесонасаждения, задернованные или обводненные участки, участки, закрепленные или законсервированные техническими средствами, участки самозарастания – специально не благоустраиваемые для использования в хозяйственных или рекреационных целях
Земли строительного направления рекультивации	Площадки для промышленного, гражданского и прочего строительства, включая размещение отвалов отходов производства (горных пород, строительного мусора и др.)

⁶⁾ ГОСТ 17.4.3.02-85 «Охрана природы. Почвы. Требования к охране плодородного слоя почвы при производстве земляных работ».

⁷⁾ ГОСТ Р 59060-2020 Охрана окружающей среды. Земли. Классификация нарушенных земель в целях рекультивации.

В информационно-техническом справочнике по наилучшим доступным технологиям (ИТС НДТ) 37-2023 «Добыча и обогащение угля»⁸⁾ технический и биологический этапы описаны как ключевые НДТ области рекультивации нарушенных добычей угля территорий (НДТ 35 и 36 соответственно). Особо отмечается, что применение данных НДТ позволяет ускорить процесс восстановления плодородия и хозяйственной ценности земель при сокращении затрат на проведение рекультивации; их применение дает возможность заново использовать ранее изъятые для добычи угля участки земли для сельскохозяйственных или иных видов деятельности. Кроме того, биологическая рекультивация может быть начальным этапом восстановления лесных угодий, она препятствует эрозии почвы после этапа технической рекультивации, а также снижает пыление.

Для решения проблемы рекультивации отвалов вскрышных горных пород, выводимых из производственного цикла угледобычи, в 2025 разработаны два новых стандарта – ГОСТ Р 72032-2025⁹⁾ «Биологическое разнообразие. Реконструкция геологической среды и жизнеспособного почвенно-растительного слоя на отвалах горных пород. Основные положения» и ГОСТ Р 72033-2025¹⁰⁾ «Биологическое разнообразие. Реставрация лесной растительности на отвалах горных пород. Основные положения».

Одним из возможных подходов, рекомендованных данными стандартами, является транслокация почвенно-растительного слоя с ненарушенного земельного участка, переведенного в категорию «земли промышленности», на подготовленную поверхность отвала горных пород, минуя стадию буртования плодородного слоя почвы, в целях сохранения благоприятных почвенно-экологических характеристик и живых семязачатков всего комплекса видов растений, а также ускоренного восстановления биологического разнообразия и народно-хозяйственной ценности нарушенных земель. При этом в процессе одновременного перемещения почвенно-растительного слоя остаются жизнеспособными почвенные микробоценозы, а также педобионты — почвенные беспозвоночные животные, которые неизбежно погибают при буртовании.

Однако в ГОСТ Р 72032-2025 представлены лишь рекомендованные мероприятия технического этапа рекультивации:

- планировка поверхности нарушенных земель с уклонами не более 3°;
- нанесение на поверхность отвала вскрыши насыпного слоя потенциально-плодородных пород, представленных четвертичными осадочными породами в виде лессовидных суглинков и глин, являющихся частью вскрышных горных пород.

⁸⁾ ИТС 37-2023 «Добыча и обогащение угля».

⁹⁾ ГОСТ Р 72032-2025 «Биологическое разнообразие. Реконструкция геологической среды и жизнеспособного почвенно-растительного слоя на отвалах горных пород. Основные положения».

¹⁰⁾ ГОСТ Р 72033-2025 «Биологическое разнообразие. Реставрация лесной растительности на отвалах горных пород. Основные положения».

В свою очередь, в ГОСТ Р 72033-2025 представлены мероприятия в части агротехники создания лесных насаждений на рекультивируемых землях, так, например, для восстановления на отвалах горно-таежной подзоны рекомендуются таежные лесные культуры – в качестве основной древесной породы предпочтительно использовать кедр сибирский, в качестве сопутствующих – ель сибирскую и лиственницу сибирскую.

Однако при длительном хранении такой сложный компонент экосистемы, как почва, быстро теряет плодородие (Bosch-Serra et al., 2023) и утрачивает естественную структуру. Компенсационное лесовосстановление в Кузбассе, как и в целом создание искусственных древесных насаждений, нередко проводится на нелесных землях, с широким применением в качестве доминирующей породы сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.). Однако она слабо фитоценотически связана с современным растительным покровом региона и часто становится причиной торможения восстановительных сукцессий. Как результат, многие искусственные сосновые насаждения не представляют собой сложившиеся или даже формирующиеся сообщества, близкие к коренным формациям. Напротив, в зависимости от плотности исходных посадок, сосняки нередко мертвопокровные или с травостоем из однолетних сорно-синантропных растений.

Одним из решений отмеченной проблемы является создание условий для протекания восстановительной сукцессии в искусственных насаждениях по пути формирования сообществ, близких к коренным. Поскольку одним из основных индикаторов, отражающих динамику растительного покрова, является видовой состав, цель настоящей работы состоит в том, чтобы проследить этапы восстановления нарушенных земель и рассмотреть результаты изменения флористического состава травостоя территории с привнесением в сосновые насаждения почвенного слоя с содержащимися в нем диаспорами с участков, отводимых под угледобычу.

Характеристика восстанавливаемого участка

В 2018-2023 гг. сотрудниками ООО «ИнЭкА-консалтинг» в рамках программы сохранения биологического разнообразия проводился эксперимент для корректировки восстановительной сукцессии в искусственном сосновом насаждении. Предварительные исследования показали отсутствие динамики в составе его травяного яруса.

Участок-донор переноса почвы приурочен к подзоне черневой тайги юга Кузнецкого Алатау и характеризуется развитием типичных для нее осиново-пихтовых папоротниково-высокотравных сообществ (Лазинский, 2009) (рис. 1). Флора травостоя территории включала 206 видов высших сосудистых растений, относящихся к 46 семействам и 138 родам. Среднее число видов в семействе составило 4.47. Число одно- и двулетних растений – 19 видов (9.22%). Спектр ведущих семейств *Asteraceae* (22), *Poaceae* (20), *Rosaceae* (19), *Fabaceae* (17) и *Ranunculaceae* (16).

Искусственное 40-летнее сосновое насаждение, в которое осуществлялся перенос почвы, приурочено к предгорной подтайге, на восточной окраине Кузнецкой котловины. В составе искусственного насаждения (10С + Б) доминирует сосна обыкновенная с примесью березы, не превышающей 1 ед. Полнота древостоя – 0.55, средняя высота – 19.6 м, средний диаметр – 20.2 см, возраст – 40 лет, IА класса бонитета. Схема размещения сосны – ленточная, по четыре-пять рядов в кулисе, разделенных межкулисным пространством, шириной 3.5-5 м. (рис. 2).



Рисунок 1. Участок-донор почв с развитыми сообществами черневой тайги
(составлен авторами)

Figure 1. Soil donor site with developed communities of *Abies sibirica* dominated taiga
(compiled by the authors)



Рисунок 2. Искусственное 40-летнее сосновое насаждение
(составлен авторами)

Figure 2. Artificial 40-year pinery
(compiled by the authors)

На участке переноса было заложено 4 постоянных геоботанических площадки площадью 625 м², на которых осуществляли геоботанические описания по общепринятой методике (Миркин и др., 2001; Отмахов и др., 2018), на всей территории с той же периодичностью проводились маршрутные флористические исследования.

В конце вегетационного сезона 2018 года в межкулисное пространство был осуществлен перенос верхней свежеснятой части почвенного профиля мощностью 25 см, с содержащимся в нем комплексом диаспор.

Динамика флористического состава травостоя

Перед экспериментом в 2018 году травостой участка исследований насчитывал 44 вида высших сосудистых растений (рис. 3). Это была агрегация, образованная преимущественно сорными одно- и двухлетними растениями (рис. 4). Среднее число видов в семействе в 2018 г. составило 2.44. Семейств с видовой насыщенностью выше среднего показателя было два: *Asteraceae* (11 видов) и *Lamiaceae* (4 вида).

В 2019 и 2020 гг. в результате перемещения почвенно-грунтового слоя с диаспорами растений черневой тайги наблюдается резкое увеличение флористического разнообразия, со стабилизацией в 2021-2022 гг. и возобновлением роста в 2023 г.

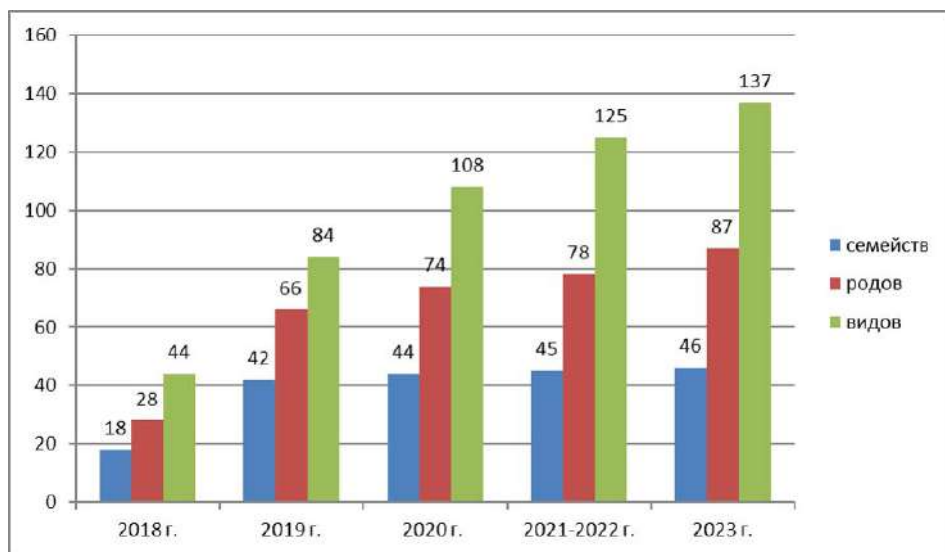


Рисунок 3. Динамика таксономического состава флоры травостоя
(составлен авторами)

Figure 3. Dynamics of taxonomic composition of grass flora
(compiled by the authors)

В 2019 г. разнообразие представленных семейств в сообществе увеличилось, поэтому средний показатель числа приходящихся на семейство видов возрос незначительно и составил 2.66, но резко выросло число семейств с насыщенностью выше среднего показателя: *Asteraceae* (15), *Ranunculaceae*

(9), *Lamiaceae* (5), *Apiaceae* (4) и *Onagraceae* (4). По три таксона насчитывают *Caryophyllaceae*, *Fabaceae*, *Poaceae*, *Polygonaceae* и *Rosaceae*. Наблюдаемое увеличение систематического разнообразия в семействах происходит за счет роста родовой компоненты.



Рисунок 4. Травостой на участке переноса перед экспериментом с доминированием однолетника недотроги обыкновенной (*Impatiens noli-tangere* L.)
(составлен авторами)

Figure 4. Grass canopy at the transfer site before the experiment with the dominance of *Impatiens noli-tangere* L.
(compiled by the authors)

В 2020-2023 гг. продолжился рост видового разнообразия растений, на конец наблюдений средний показатель числа видов составил 2.97. Число семейств – 46 достигло показателя участка донора переноса почвы. Спектр ведущих пяти семейств в 2023 г. также оказался сходным: *Asteraceae* (21), *Rosaceae* (13), *Ranunculaceae* (9), *Poaceae* (7), *Fabaceae* (7). По составу он близок к «*Rosaceae*-типу» (Хохряков, 2000), характерному для бассейна р. Томи (Шереметова, Шереметов, 2016). Следовательно, формирование флоры на территории исследования находится на стадии активного становления, но уже с проявлением региональных специфических черт.

В 2019 г., после нанесения почвенно-грунтового слоя с диаспорами; число малолетних (одно-двулетних) растений практически не изменилось – 17 видов, но их доля в сложении спектра жизненных форм сократилась с 41 до 23%, напротив, участие многолетних видов возросло с 59 до 77% (рис. 5). Среди последних появились представители новых групп – луковичных – гусиный лук зернистый (*Gagea granulosa* Turcz.) и корнеклубневых – борец выющийся (*Aconitum volubile* Pall. ex Koelle). Доля участия малолетних растений (однолетников и двулетников) в травостое за период наблюдений несколько увеличилась с первичных 18 видов до флуктуации в интервале 19-

23. Однако доля этой группы в общем составе флоры упала с 41% в 2018 г. до 16.8% в 2023 г. Снижение доли малолетних растений является одним из показателей успешности протекания восстановительной сукцессии и повышения стабильности формирующегося сообщества (Bakr et al., 2024).

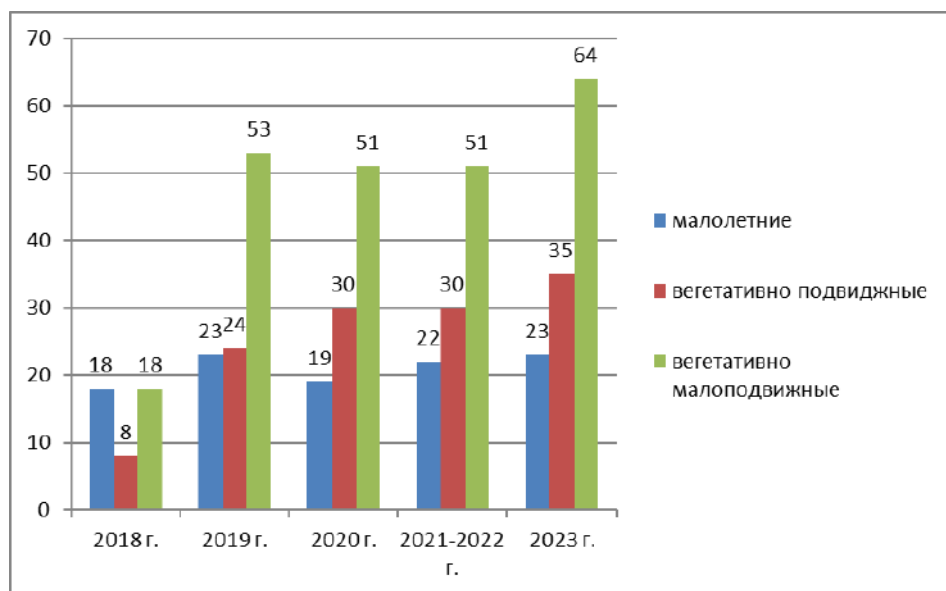


Рисунок 5. Динамика состава жизненных форм флоры травостоя
(составлен авторами)

Figure 5. Dynamics of flora life forms composition of the grass canopy
(compiled by the authors)

Еще более явные изменения наблюдаются в эколого-ценотическом составе флоры (рис. 6). В 2018 г. ведущую роль в сложении травостоя играли сорные растения (59%, 26 видов), которые, по сути, образовали агрегации однолетних – хеноподиаструма гибридного (*Chenopodiastrum hybridum* (L.) S. Fuentes, Uotila & Borsch), пикульника двунадрезанного (*Galeopsis bifida* Boenn), конопли посевной (*Cannabis sativa* L.), лебеды стреловидной (*Atriplex sagittata* Borkh.), осота огородного (*Sonchus oleraceus* L.), недотроги обыкновенной (*Impatiens noli-tangere* L.) и многолетних – мать-и-мачехи обыкновенной (*Tussilago farfara* L.), лопуха паутинистого (*Arctium tomentosum* Mill.), одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale* L.), мелкопестничка канадского (*Conyza canadensis* (L.) Cronquist) и крапивы двудомной (*Urtica dioica* L.). В 2019-2023 гг. наблюдалось сильное снижение доли участия синантропных видов растений с 59 до 24.09%.

В 2020-2023 гг. на участке переноса ведущую роль в сложении верхнего яруса травостоя в межкулисных коридорах начали играть растения, типичные для черневой тайги (рис. 7): купырь лесной (*Anthriscus sylvestris* (L.) Hoffm.), дудник лесной (*Angelica sylvestris* L.), бодяк разнолистный (*Cirsium heterophyllum* (L.) Hill), соссурея мелкоцветковая (*Saussurea parviflora* (Poir.)

DC.), скерда сибирская (*Crepis sibirica* L.), во втором подъярусе очень обильны яснотка белая (*Lamium album* L.) и сныть обыкновенная (*Aegopodium podagraria* L.). Третий подъярус образован первоцветами: хохлаткой крупно-прицветниковой (*Corydalis bracteata* (Steph. ex Willd.) Pers.), ветреницей голубой (*Anemone caerulea* DC.), лютиком однолистным (*Ranunculus monophyllus* Ovcz.) и фиалкой однолистной (*Viola uniflora* L.).

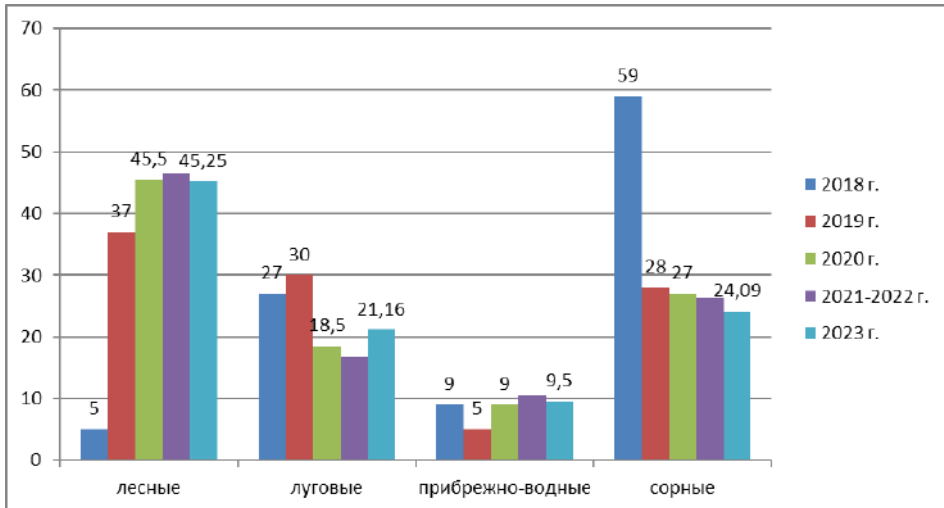


Рисунок 6. Динамика эколого-ценотического состава флоры травостоя
(составлен авторами)

Figure 6. Dynamics of the ecological-cenotic flora composition of the grass stand
(compiled by the authors)



Рисунок 7. Формирование на участке переноса почвы травостоя черневой тайги
(составлен авторами)

Figure 7. Formation of *Abies sibirica* dominated taiga grass canopy on the soil transfer site
(compiled by the authors)

Заключение

Рекультивация нарушенных земель и восстановление видового разнообразия играют важную роль в реализации экологической промышленной политики на региональном уровне. Основные подходы к техническому и биологическому этапам рекультивации нарушенных добычей угля территорий приведены в информационно-техническом справочнике по наилучшим доступным технологиям 37-2023 «Добыча и обогащение угля».

В данном ситуационном исследовании представлены результаты эксперимента по коррективке восстановительной сукцессии в искусственном сосновом насаждении, высаженном в ходе биологического этапа рекультивации.

Установлено, что структура растительного покрова и флористический состав травостоя межкулисных коридоров искусственного соснового насаждения с 2018 по 2023 годы претерпели значительные качественные и численные изменения. Наблюдалась сукцессия от случайной агрегации однолетних синантропных растений к формированию сложной ассоциации черневой тайги. Количественно флористический состав увеличился на 93 таксона и на август 2023 г. был представлен 137 видами высших сосудистых растений, относящихся к 87 родам и 46 семействам. По количеству семейств он достиг показателя участка донора переноса почвы и приблизился к нему по составу ведущих семейств. При этом, в нем резко сократилась доля однолетних видов нарушенных местообитаний и увеличилось присутствие растений эколого-ценотических групп, характеризующих лесные ценозы. То есть на участках наблюдения отмечена восстановительная сукцессия лесного типа.

Таким образом, предложенный в работе метод позволит резко повысить эффективность сохранения и восстановления биологического разнообразия в регионах с открытой угледобычей. Он обеспечит использование ценного компонента экосистемы – почвы, не просто как источника питательных элементов для растений, а как неотъемлемой части биологических систем, компонента, содержащего диаспоры живой материи, необходимой базы для «включения» региональных восстановительных сукцессий.

Список литературы

Гусева, Т.В., Тихонова, И.О. (2025) Стратегическая социально-экологическая оценка и природоприближённые решения, *Материалы XVIII Международной научно-практической конференции Российского общества экологической экономики (РОЭЭ)*, Апатиты, Изд-во ФИЦ КНЦ РАН, с. 320-324.

Куприянов, А.Н., Манаков, Ю.А., Баранник, Л.П. (2010) *Восстановление экосистем на отвалах горнодобывающей промышленности Кузбасса*, Новосибирск, Академическое изд-во «Гео», 160 с.

Лашинский, Н.Н. (2009) *Растительность Салаирского края*, Новосибирск, Академическое изд-во «Гео», 263 с.

Миркин, Б.М., Наумова, Л.Г., Соломеш, А.И. (2001) *Современная наука о растительности*, Москва, Логос., 264 с.

Отмахов, Ю.С., Королук, А.Ю., Ермаков, А.А. (2018) Некоторые рекомендации по исследованию растительного покрова при выполнении инженерно-экологических изысканий, *Инженерные изыскания*, т. XII, № 5-6, с. 20-31.

Скобелев, Д.О. (2025) Природный капитал как дарственный фонд, *Материалы XVIII Международной научно-практической конференции Российского общества экологической экономики (РОЭЭ)*, Апатиты, Изд-во ФИЦ КНЦ РАН, с. 28-32

Хохряков, А.П. (2000) Таксономические спектры и их роль в сравнительной флористике, *Бот. журн.*, т. 85, № 5, с. 1-11.

Шереметова, С.А., Шереметов, Р.Т. (2020) *Бассейн реки Томи (флористические и физико-географические особенности)*, Новосибирск, Академическое из-во «Гео», 323 с.

Bakr, J., Kompała-Bąba, A., Bierza, W., Hutniczak, A., Błońska, A., Chmura, D., Magurno, F., Jagodziński, A.M., Besenyey, L., Bacler-Żbikowska, B., Woźniak, G. (2024) Plant Species and Functional Diversity of Novel Forests Growing on Coal Mine Heaps Compared with Managed Coniferous and Deciduous Mixed Forests, *Forests*, vol. 15(4), p. 730, URL: <https://doi.org/10.3390/f15040730>.

Bosch-Serra, A.D., Cruz, J., Poch, R.M. (2023) Soil Quality in Rehabilitated Coal Mining Areas, *Appl. Sci.*, vol. 13(17), p. 9592, URL: <https://doi.org/10.3390/app13179592>.

References

Guseva, T.V., Tikhonova, I.O. (2025) Strategicheskaya social'no-ekologicheskaya ocenka i prirodopriblizhyonnye resheniya [Strategic Social and Environmental Assessment Nature-based Solutions], *Materialy XVIII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii Rossijskogo obshchestva ekologicheskoy ekonomiki (ROEE)* [Proceedings of XVIII International Scientific and Practical Conference of Russian Society for Environmental Economics (RSEE)], Kola Science Centre Publishing, Apatity, Russia, pp. 320-324.

Kupriyanov, A.N., Manakov, Yu.A., Barannik, L.P. (2010) *Vosstanovlenie ekosistem na otvalah gornodobyvayushchej promyshlennosti Kuzbassa* [Ecosystem Remediation on Mining Waste Dumps in Kuzbass], Geo Academic Publishing, Novosibirsk, Russia, 160 p.

Lashchinskij, N.N. (2009) *Rastitel'nost' Salairskogo kryazha* [Salair Ridge Vegetation], Geo Academic Publishing, Novosibirsk, Russia, 263 p.

Mirkin, B.M., Naumova, L.G., Solomeshch, A.I. (2001) *Sovremennaya nauka o rastitel'nosti* [Contemporary Vegetation Science], Logos., Moscow, Russia, 264 p.

Otmahov, Yu.S., Korolyuk, A.Yu., Ermakov, A.A. (2018) Nekotorye rekomendacii po issledovaniyu rastitel'nogo pokrova pri vypolnenii inzhenerno-ekologicheskikh izyskanij [Some recommendations for studying vegetation cover when performing engineering and environmental surveys], *Inzhenernye izyskaniya*, vol. XII, no. 5-6, pp. 20-31.

Skobelev, D.O. (2025) Prirodnyj kapital kak darstvennyj fond [Natural Capital as Endowment Fund], *Materialy XVIII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii Rossijskogo obshchestva ekologicheskoy ekonomiki (ROEE)* [Proceedings of XVIII International Scientific and Practical Conference of Russian Society for Environmental Economics (RSEE)], Kola Science Centre Publishing, Apatity, Russia, pp. 28-32

Hohryakov, A.P. (2000) Taksonomicheskie spektry i ih rol' v sravnitel'noj floristike [Taxonomic Spectra and Their Role in Comparative Floristry], *Bot. zhurn.*, vol. 85, no. 5, pp. 1-11.

Sheremetova, S.A., Sheremetov, R.T. (2020) *Bassejn reki Tomi (floristicheskie i fiziko-geograficheskie osobennosti)* [Tom River Basin (Floristic and Physical-Geographical Features)], Geo Academic Publishing, Novosibirsk, Russia, 323 p.

Bakr, J., Kompała-Bąba, A., Bierza, W., Hutniczak, A., Błońska, A., Chmura, D., Magurno, F., Jagodziński, A.M., Besenyei, L., Bacler-Żbikowska, B., Woźniak, G. (2024) Plant Species and Functional Diversity of Novel Forests Growing on Coal Mine Heaps Compared with Managed Coniferous and Deciduous Mixed Forests, *Forests*, vol. 15(4), p. 730, URL: <https://doi.org/10.3390/f15040730>.

Bosch-Serra, A.D., Cruz, J., Poch, R.M. (2023) Soil Quality in Rehabilitated Coal Mining Areas, *Appl. Sci.*, vol. 13(17), p. 9592, URL: <https://doi.org/10.3390/app13179592>.

Статья поступила в редакцию (Received): 01.09.2025.

Статья доработана после рецензирования (Revised): 23.03.2026.

Для цитирования / For citation:

Климов, А.В., Перфильев, Е.Е., Стадникова, К.В., Тихонова, И.О. (2026) Восстановление нарушенных земель: использование автохтонных почв для создания зонального разнообразия в искусственных насаждениях, *Экологический мониторинг и моделирование экосистем*, т. XXXVII, № 1-2, с. 119-132, doi: 10.24412/2782-3237-2026-1-2-119-132.

Klimov, A.V., Perfilov, E.E., Stadnikova, K.V., Tikhonova, I.O. (2026) Disturbed Land Remediation: Using Indigenous Soils to Create Zonal Diversity in Artificial Canopies, *Environmental Monitoring and Ecosystem Modelling*, vol. XXXVII, no. 3-4, pp. 119-132, doi: 10.24412/2782-3237-2026-1-2-119-132.