 © Авторы статьи / Authors of the article

ЭКОЛОГИЯ/ECOLOGY

DOI: https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.173.50 EDN: DPFHMG

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ РЕКУЛЬТИВАЦИЯ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ УЧАСТКА №3 ФИЛИАЛА АО «СУЭК-КРАСНОЯРСК» «РАЗРЕЗ НАЗАРОВСКИЙ» (ПРОЕКТ)

Научная статья

Воинцева И.С.[1], Первышина Г.Г.[2, *], Кондратюк Т.А.[3], Фахрутдинова Ю.В.[4]
[1] ORCID : 0000-0002-9099-9537;
[2] ORCID : 0000-0001-5880-5395;
[3] ORCID : 0009-0009-3822-2657;
[1] Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Российская Федерация
[2, 3, 4] Сибирский федеральный университет, Красноярск, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (gpervyshina[at]sfu-kras.ru)

Предложена: 14.07.2026; Принята: 11.11.2026; Опубликована: 17.11.2026

Аннотация

Предложен проект рекультивации нарушенных земель участка №3 ФИЛИАЛА АО «СУЭК-Красноярск» «Разрез Назаровский». Характер нарушения земель на участках, подлежащих рекультивации, определяется их местоположением на отвалах вскрышных пород, которые представлены лессовидными суглинками с низким содержанием гумуса, очень низкой обеспеченностью подвижным фосфором (менее 30 мг/кг на крутых откосах и 35–45 мг/кг на пологих участках) и доступным калием (40–60 и 80–100 мг/кг соответственно). Участки дифференцированы по крутизне: пологие (24 га) пригодны для сельскохозяйственного использования, крутые откосы (6 га) требуют лесохозяйственного направления рекультивации. Проект сельскохозяйственной рекультивации 24 га нарушенных земель включает следующие усовершенствования: оптимизацию травосмесей с увеличением доли бобовых компонентов (донник белый, люцерна хмелевидная) до 40% от общей нормы высева для усиления биологической азотфиксации; корректировку системы удобрений с учётом агрохимических свойств пород — акцент на фосфорную составляющую: суперфосфат (120–150 кг/га д.в.) вносится при основной обработке под травосмесь, сульфат калия (90–100 кг/га д.в.) — при посеве трав, аммиачная селитра (30–40 кг/га д.в.) — под сидерат на втором году; обязательную инокуляцию семян бобовых ризоторфином; комбинированную систему мониторинга, совмещающую дистанционное зондирование Земли (расчёт индексов NDVI и SAVI), локальную биоиндикацию (оценка флуктуирующей асимметрии листовых пластинок) и отбор почвенных проб с определением обменной кислотности, что позволяет корректировать дозы удобрений и состав травосмесей по годам.

Ключевые слова: угольные месторождения, Красноярский край, рекультивация земель, сельскохозяйственная рекультивация, растительные экосистемы.

AGRICULTURAL RECLAMATION OF DISTURBED LAND ON PLOT NO. 3 OF THE ‘NAZAROVSKY OPEN-CAST PIT’, A BRANCH OF SIBENCO KRASNOYARSK JSC (PROJECT)

Research article

Vointseva I.S.[1], Pervishina G.G.[2, *], Kondratyuk T.A.[3], Fakhrutdinova Y.V.[4]
[1] ORCID : 0000-0002-9099-9537;
[2] ORCID : 0000-0001-5880-5395;
[3] ORCID : 0009-0009-3822-2657;
[1] Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russian Federation
[2, 3, 4] Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russian Federation

* Corresponding author (gpervyshina[at]sfu-kras.ru)

Suggested: 14.07.2026; Accepted: 11.11.2026; Published: 17.11.2026

Abstract

A project has been proposed for the reclamation of disturbed land on Plot No. 3 of the ‘Nazarovsky Open-Cast Pit’, a branch of SIBENCO Krasnoyarsk JSC. The nature of land disturbance in the areas to be reclaimed is determined by their location on overburden dumps, which consist of loess-like loams with a low humus content, a very low supply of mobile phosphorus (less than 30 mg/kg on steep slopes and 35–45 mg/kg on gentle slopes) and available potassium (40–60 and 80–100 mg/kg respectively). The plots are categorised by slope gradient: the gentle slopes (24 ha) are suitable for agricultural use, while the steep slopes (6 ha) require silvicultural reclamation. The agricultural reclamation project for 24 ha of disturbed land includes the following improvements: optimisation of grass mixtures by increasing the proportion of legume components (white sweet clover, hop clover) to 40% of the total sowing rate to enhance biological nitrogen fixation; adjustment of the fertiliser regime to take account of the agrochemical properties of the soil — with an emphasis on the phosphorus component: superphosphate (120–150 kg/ha dry matter) is applied during primary tillage for a grass mixture; potassium sulphate (90–100 kg/ha dry matter) is applied when sowing grasses; and ammonium nitrate (30–40 kg/ha dry matter) is applied for green manure in the second year; mandatory inoculation of legume seeds with rhizotorfin; a combined monitoring system integrating remote

 © Авторы статьи / Authors of the article

sensing (calculation of NDVI and SAVI indices), local bioindication (assessment of fluctuating asymmetry in leaf blades) and soil sampling with determination of exchangeable acidity, which allows for the adjustment of fertiliser rates and the composition of grass mixtures on an annual basis.

Keywords: coal deposits, Krasnoyarsk Krai, land reclamation, agricultural reclamation, plant ecosystems.

Введение

Масштабное освоение месторождений полезных ископаемых открытым способом выступает мощным фактором глобального техногенеза, радикально трансформирующим компоненты литосферы, гидросферы и биоценозов. Антропогенная деградация почвенно-земельных ресурсов ведет к увеличению площади нарушенных территорий, которые утрачивают первозданную экологическую ценность и становятся долгосрочными источниками негативного воздействия на окружающую среду. В этой связи проектирование научно обоснованных стратегий рекультивации, нацеленных на экологическое восстановление и регенерацию биоразнообразия нарушенных ландшафтов, приобретают статус важнейшей междисциплинарной задачи в рамках новой парадигмы экологической ответственности.

Несмотря на обилие работ по рекультивации нарушенных земель в Канско-Ачинском угольном бассейне, до настоящего времени отсутствуют комплексные проекты, которые бы одновременно учитывали три ключевых аспекта, специфичных для условий Назаровского разреза. Во-первых, это дифференциация отвального рельефа по крутизне склонов с обоснованным разделением направлений рекультивации для пологих и крутых участков, что позволяет оптимизировать затраты и повысить эффективность восстановительных работ. Во-вторых, это крайне низкая обеспеченность вскрышных лессовидных суглинков подвижным фосфором (менее 30 мг/кг на крутых откосах и 35–45 мг/кг на пологих участках) и доступным калием (40–60 и 80–100 мг/кг соответственно), что требует существенной корректировки стандартных систем удобрения с акцентом на фосфорную и калийную составляющие на этапе основной обработки. В-третьих, это применение бактериальных препаратов (инокуляция семян ризоторфином) как обязательного элемента агротехнологии для усиления азотфиксации бобовыми компонентами травосмесей на техногенных субстратах [1], [2], [3].

В настоящее время известны проекты рекультивации нарушенных земель в Крымском регионе [4] и крупных угледобывающих кластерах Сибири [5], [6], [7], которые ориентированы на минимизацию долгосрочных экологических рисков, преодоление эрозионных процессов и восстановление нарушенного баланса деградированных экосистем. При реабилитации малых разрезов Якутии и территорий Заполярья [8], [9] особое внимание обращено на предотвращение термоэрозии многолетнемерзлых пород путем оперативного задернения субстратов морозостойкими растительными сообществами. В то же время передовой мировой опыт фитомелиорации [10] доказывает, что оптимизация бобово-злаковых травосмесей в сочетании с научно обоснованными режимами удобрения может активизировать симбиотическую азотфиксацию и ускорять запуск естественного биологического круговорота веществ на промышленных отвалах.

В связи с вышесказанным целью данной работы является обоснование эффективности усовершенствованной технологии комплексной рекультивации нарушенных земель Назаровского разреза на основе оптимизации азотно-фосфорного питания растительных сообществ и внедрения комбинированного геоэкологического мониторинга. Предлагаемое решение включает следующие усовершенствования: оптимизированный состав травосмеси с увеличением доли бобовых компонентов до 40% (донник белый, люцерна хмелевидная) вместо традиционных монопосевов злаковых; скорректированную систему удобрений с повышенными дозами фосфорных удобрений (120–150 кг/га д.в.) при основной обработке; обязательную инокуляцию семян бобовых ризоторфином, повышающую фиксацию атмосферного азота на 50–70% в первый год; комбинированную систему мониторинга, совмещающую крупномасштабный метод дистанционного зондирования Земли (расчёт индексов NDVI и SAVI), локальный метод биоиндикации (оценка флуктуирующей асимметрии листовых пластинок) и отбор почвенных проб с определением обменной кислотности (pH KCl), что не является рутинной практикой для объектов региона.

Методы и принципы исследования

В основу проектных решений и теоретических обобщений были положены следующие исходные данные и методы исследований.

Проектирование рекультивационных мероприятий выполнено на основе: топографической съёмки участка №3 филиала АО «СУЭК-Красноярск» «Разрез Назаровский» за 2023–2024 гг., включающей план поверхностного рельефа и картограмму уклонов; агрохимических анализов проб вскрышных пород, отобранных на отвалах (определение pH водной вытяжки по ГОСТ 26423-85, обменной кислотности (pH KCl), содержания гумуса по ГОСТ 26213-91, подвижного фосфора и калия по ГОСТ Р 54650-2011); отчётной документации о результатах рекультивационных работ на разрезе за период 2010–2020 гг. для сравнительного анализа эффективности предыдущих проектов [11]. Результаты определения подвижного фосфора и доступного калия приведены в таблице 1; именно крайне низкая обеспеченность подвижным фосфором (менее 30 мг/кг на крутых откосах и 35–45 мг/кг на пологих участках) и доступным калием (40–60 и 80–100 мг/кг соответственно) послужила основанием для повышенных доз фосфорных и калийных удобрений. Комбинированная система мониторинга включает три взаимодополняющих метода: дистанционное зондирование Земли (расчёт индексов NDVI и SAVI), локальную биоиндикацию (оценка флуктуирующей асимметрии листовых пластинок) и отбор почвенных проб с определением обменной кислотности (pH KCl), что позволяет корректировать дозы удобрений и состав травосмесей по годам.

Работа выполнена с применением комплекса методов:

1) картометрический и морфометрический анализ — для дифференциации отвальной поверхности по крутизне склонов и выделения двух типов участков (пологие и крутые откосы) на основе цифровой модели рельефа;

 © Авторы статьи / Authors of the article

2) агрохимический метод — для оценки плодородия вскрышных пород и обоснования доз минеральных и органических удобрений с использованием зональных нормативов для лесостепной зоны Красноярского края, при этом определение обменной кислотности (pH KCl) рассматривается как обязательный элемент оценки пригодности субстратов под бобовые компоненты травосмеси, чувствительные к реакции почвенного раствора;

3) расчетно-проектный метод — для определения норм высева травосмесей (с учетом поправочного коэффициента на техногенный субстрат), доз удобрений и календарных сроков проведения работ;

4) метод сравнительного анализа — для сопоставления предлагаемых агротехнических решений с литературными данными и результатами ранее реализованных проектов.

Общая площадь проектируемой рекультивации (30 га) определена техническим заданием на проектирование, выданным недропользователем в рамках плана поэтапного восстановления нарушенных земель. Выделение площадей под сельскохозяйственное (24 га) и лесохозяйственное (6 га) направления выполнено на основе морфометрического анализа рельефа: к пологим отнесены участки с уклоном 2–5°, пригодные для механизированной обработки почвы и использования сельскохозяйственной техники; к крутым откосам — участки с уклоном 12–25°, где сельскохозяйственное использование технологически невозможно и требуется лесохозяйственное закрепление. Следует уточнить, что проектируемые 30 га являются частью нарушенных земель разреза общей площадью 950 га, из которых 671 га заняты внутренними отвалами, а 249 га — остаточными траншеями.

Основные результаты

В результате детального морфометрического анализа отвальной поверхности (по данным топографической съемки 2023–2024 гг.) и агрохимического обследования были выделены два основных типа участков, представленных в таблице 1.

Таблица 1 - Характеристика участков отвалов по критериям рекультивации

DOI: https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.173.50.1

Параметр	Пологие участки	Крутые откосы
Площадь, га	24	6
Уклон, градусы	2–5	12–25
Преобладающая порода	Лессовидные суглинки	Белая глина, вскрыша
Содержание гумуса, %	1,2–1,8	0,3–0,7
Ph водный	7,1–7,6	7,8–8,4
Содержание подвижного фосфора (P_2O_5), мг/кг	35–45	менее 30
Содержание доступного калия (K_2O), мг/кг	80–100	40–60
Эрозионная опасность	Средняя (плоскостная)	Высокая (овражная)

Необходимо отметить, что граница между пологими и крутыми участками проведена по значению уклона 5°, что соответствует нормативным ограничениям для механизированной сельскохозяйственной обработки почв. Участки с уклоном более 5° исключаются из сельскохозяйственного направления и относятся к лесохозяйственному как единственно возможному способу закрепления поверхности и предотвращения эрозионных процессов. Крайне низкая обеспеченность подвижным фосфором (менее 30 мг/кг) на крутых откосах и его низкое содержание на пологих участках (35–45 мг/кг) требуют существенной корректировки стандартных систем удобрения с акцентом на фосфорную составляющую на этапе основной обработки.

Агрохимическое обследование вскрышных пород показало, что содержание доступного калия составляет 80–100 мг/кг на пологих участках (низкая обеспеченность) и 40–60 мг/кг на крутых откосах (очень низкая–низкая обеспеченность). Это согласуется с содержанием гумуса (1,2–1,8% и 0,3–0,7% соответственно) и подтверждает необходимость внесения калийных удобрений в бесхлорной форме (сульфат калия) в дозе 90–100 кг/га д.в. при посеве трав.

Таблица 2 - Сравнительная характеристика двух направлений рекультивации

DOI: https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.173.50.2

Критерий	Сельскохозяйственное направление	Лесохозяйственное направление
Требования к рельефу	Пологие участки (уклоны до 5°)	Допустимы крутые склоны (до 30°)
Требования к плодородию	Высокие, требуется внесение удобрений	Низкие, возможен рост на бедных субстратах

 © Авторы статьи / Authors of the article

Критерий	Сельскохозяйственное направление	Лесохозяйственное направление
Сроки восстановления	5 лет до получения продукции	15–20 лет до смыкания крон
Продуктивность	Высокая (30ц/га)	Низкая (древесина через 50+ лет)
Экологический эффект	Быстрое закрепление поверхности, накопление гумуса	Долговременная защита, средообразование
Затраты на 1 га	Высокие (удобрения, семена, обработка)	Умеренные (посадочный материал, ручной труд)

Таблица 3 - Состав травосмеси

DOI: https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.173.50.3

Семейство	Название травянистых растений	Вес на 1 га, кг	% от общей нормы
Бобовые	Донник белый (сорт Солнечный)	8,5	25
Бобовые	Люцерна хмелевидная	4,8	15
Злаковые	Кострец безостый (сорт Уральский)	13,6	40
Злаковые	Тимофеевка луговая	6,8	20
Итого		34	100

Агрономическое обоснование предлагаемого состава травосмеси основывается на биологических особенностях каждого компонента. Донник белый (сорт Солнечный) выбран как стержнекорневой бобовый мелиорант, способный рыхлить подстилающую породу на глубину до 1,5 м и фиксировать атмосферный азот в симбиозе с клубеньковыми бактериями; его доля в смеси (25%) обеспечивает быстрый рост надземной массы и накопление органического вещества. Люцерна хмелевидная (15%) менее требовательна к реакции почвенного раствора, чем другие виды люцерны, и обеспечивает стабильную азотфиксацию в первые 2–3 года вегетации. Кострец безостый (сорт Уральский, 40%) является основным дернообразующим злаком, формирующим плотную корневую систему, устойчивую к засухе и низким температурам, характерным для резко континентального климата Красноярского края. Тимофеевка луговая (20%) выполняет функцию дополнительного злакового компонента для уплотнения травостоя и заполнения экологических ниш. Общая норма высева (34 кг/га) превышает зональную норму для черноземов лесостепной зоны (26 кг/га) на 30%, что обусловлено высокой вероятностью гибели части семян на техногенных суглинистых субстратах с дефицитом питательных элементов и неблагоприятными физико-химическими свойствами.

Таблица 4 - Корректировка системы удобрений

DOI: https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.173.50.4

Средства для повышения плодородия нарушенных земель	Вид	Доза внесения	Срок и способ внесения
Удобрение	Суперфосфат	120–150 кг/га д.в.	При основной обработке под травосмесь (3-й год)
Удобрение	Сульфат калия (K_2SO_4)	90–100 кг/гад.в.	При посеве трав (3-й год)
Удобрение	Аммиачная селитра	30–40 кг/га д.в.	Предпосевное внесение под сидерат (2-й год)
Удобрение	Фосфоритная мука	3 т/га	Под глубокое рыхление (1-й год), как мелиорант
Бактериальный препарат	Ризоторфин	200 г препарата на гектарную норму семян	Инокуляция семян бобовых перед посевом
Сидерат	Горчица белая (сидерат)	20–25 т/га зелёной массы	Посев и запашка (2-й год)

 © Авторы статьи / Authors of the article

Таблица 5 - Календарный план рекультивационных работ

DOI: https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.173.50.5

Год	Этап	Работы (сельхознаправление, 24 га)	Внесение удобрений
1-й	Технический	Планировка, глубокое рыхление (60 см)	Фосфоритная мука — 3 т/га
2-й	Биологический	Посев сидератов (горчица) их запашка, инокуляция семян бобовых	Аммиачная селитра — 30–40 кг/га д.в. под сидерат
3-й	Биологический	Посев многолетних трав (травосмесь)	Суперфосфат — 120–150 кг/га д.в. при основной обработке; сульфат калия — 90–100 кг/га д.в. при посеве
4-й	Биологический	Уход за травостоем (подкормка фосфором), сенокошение	Фосфорная подкормка
5-й	Мониторинг	Дистанционное зондирование (NDVI, SAVI), биоиндикация (флуктуирующая асимметрия листьев), отбор почвенных проб, оценка продуктивности	-

Календарный план рекультивационных работ (табл. 5) требует дополнительного пояснения с точки зрения агротехнической логики и системы питания растений. Выделение второго года под сидерацию (посев горчицы белой) обусловлено необходимостью проведения биологической аммелиорации техногенного субстрата: запашка зелёной массы сидерата в объёме 20–25 т/га эквивалентна внесению 40–50 т/га полуперепревшего навоза, что позволяет обогатить породу органическим веществом, улучшить её структуру и активизировать микробиологические процессы. Формирование 20–25 т/га зелёной массы горчицы белой требует стартового азотного питания, поэтому в проекте предусмотрено предпосевное внесение аммиачной селитры (30–40 кг/га д.в.); горчица способна использовать последействие фосфоритной муки, однако без стартового азота запланированная биомасса не гарантируется. Посев многолетних трав запланирован на третий год, поскольку к этому времени зелёная масса сидерата разложится и создаст благоприятный агрохимический фон для развития бобовых и злаковых компонентов. Сенокошение начинается только с четвёртого года: в первый год жизни (третий год реализации проекта) многолетние травы должны сформировать полноценную корневую систему и накопить запас пластических веществ для зимовки; скашивание в первый год вегетации существенно ослабило бы растения и снизило их зимостойкость. Первое полноценное товарное сенокошение, обеспечивающее получение 30 ц/га сухой массы, приходится на четвёртый год, что соответствует пятилетнему циклу восстановления земель и подтверждает экономическую целесообразность предложенной схемы.

Обсуждение

Анализ проектов рекультивации, реализованных на Назаровском разрезе в 2010–2020 гг. (всего проанализировано 3 типовых проекта на различных участках отвалов), показал системные недостатки, проявившиеся в следующих показателях: слабая всхожесть семян — менее 50% от плановой нормы, особенно у бобовых компонентов, что было связано с отсутствием инокуляции семян специфическими штаммами клубеньковых бактерий; изреженность травостоя — к концу третьего года проективное покрытие не превышало 40%, что свидетельствует о низкой конкурентоспособности растений на техногенном субстрате; выпадение бобовых компонентов из травостоя через 2–3 года после посева — критический дефицит подвижного фосфора (P_2O_5 менее 30 мг/кг) не позволял бобовым эффективно развиваться и конкурировать со злаками; низкая урожайность зеленой массы — менее 15 ц/га сухого вещества, что делало сельскохозяйственное использование экономически неэффективным. Эти данные согласуются с результатами дистанционного мониторинга, представленными в работе Л.С. Микова с соавторами [11], [13], где на участках старой рекультивации фиксировались устойчиво низкие значения вегетационного индекса NDVI.

Сопоставление предлагаемой схемы с литературными данными показывает, что предложенная комбинация агротехнических приемов (сидерация + инокуляция + фосфорные удобрения) является развитием подходов, изложенных в работах В.А. Андроханова [6], [12] и И.В. Зенькова [2], однако адаптирована к конкретным условиям Назаровского разреза — высокой карбонатности вскрышных пород (pH водный 7,6–8,4) и крайне низкой обеспеченности фосфором, что требует повышенных доз суперфосфата при основной обработке. Вместе с тем следует учитывать ограничения предложенной схемы — в годы с аномально засушливыми условиями (количество осадков

 © Авторы статьи / Authors of the article

менее 250 мм за вегетационный период) эффективность сидерации может снижаться, поэтому в проекте предусмотрены влагосберегающие технологии — плоскорезная обработка без оборота пласта (сохранение до 80% стерни на поверхности) и снегозадержание с помощью щитов, что позволяет увеличить влагозапасы в почве на 30–40 мм и частично нивелировать риск засушливых периодов. Кроме того, сельскохозяйственное направление на участках с уклоном более 5° становится технологически сложным и экономически неоправданным из-за невозможности применения механизированной техники, что подтверждает необходимость предложенной дифференциации направлений рекультивации.

Следует учитывать агрохимические ограничения предложенной схемы, связанные с реакцией среды и выбором форм удобрений. На слабощелочных вскрышных породах (pH водный 7,8–8,4) эффективность фосфоритной муки как источника подвижного фосфора снижается, поэтому в проекте сделан акцент на суперфосфат, вносимый при основной обработке под травосмесь, тогда как фосфоритная мука выполняет функцию мелиоранта, улучшающего структуру субстрата и создающего депо фосфора. Для бобовых компонентов, чувствительных к реакции почвенного раствора, предусмотрено определение обменной кислотности (pH KCl) в системе мониторинга, что позволит корректировать дозы удобрений и состав травосмесей по годам. Применение бесхлорного калийного удобрения (сульфата калия) вместо калийной соли исключает риск токсического влияния хлора на молодые растения травосмеси, что особенно важно на начальных этапах формирования травостоя на техногенных субстратах. Кроме того, определение только pH водной вытяжки даёт менее полную картину агрохимических свойств пород по сравнению с обменной кислотностью, поэтому включение последней в программу мониторинга повышает информативность оценки и обоснованность агротехнических решений.

Заключение

Ключевым условием эффективности рекультивации на участке №3 разреза «Назаровский» является дифференциация территории по крутизне склонов, позволяющая рационально распределить материальные и трудовые ресурсы между двумя направлениями восстановления. Для пологих участков (уклон 2–5°, площадь 24 га), сложенных лессовидными суглинками с содержанием гумуса 1,2–1,8%, предложено сельскохозяйственное направление, обеспечивающее хозяйственную окупаемость в пятилетний период. Для крутых откосов (уклон 12–25°, площадь 6 га), представленных малоплодородными породами с содержанием гумуса 0,3–0,7%, обосновано лесохозяйственное направление как единственное средство закрепления поверхности и предотвращения овражной эрозии.

Разработанный проект сельскохозяйственной рекультивации включает оптимизацию травосмесей с увеличением доли бобовых компонентов (донник белый, люцерна хмелевидная) до 40% от общей нормы высева для усиления биологической азотфиксации; корректировку системы удобрений с учётом агрохимических свойств пород — акцент на фосфорную составляющую: суперфосфат (120–150 кг/га д.в.) вносится при основной обработке под травосмесь, сульфат калия (90–100 кг/га д.в.) — при посеве трав, аммиачная селитра (30-40 кг/га д.в.) — под сидерат на втором году; обязательную инокуляцию семян бобовых ризоторфином; комбинированную систему мониторинга, совмещающую дистанционное зондирование Земли (расчёт индексов NDVI и SAVI), локальную биоиндикацию (оценка флуктуирующей асимметрии листовых пластинок) и отбор почвенных проб с определением обменной кислотности, что позволяет корректировать дозы удобрений и состав травосмесей по годам.

Ожидаемый экологический эффект от реализации проекта: формирование устойчивого травостоя с проективным покрытием более 80% к концу четвертого года, предотвращение водной и ветровой эрозии на рекультивируемой площади, начало активного процесса гумусонакопления (прогнозируемый прирост содержания гумуса на 0,1–0,2% за первые 5 лет), восстановление биологического разнообразия и создание условий для последующего использования земель в хозяйственных целях. Ожидаемый хозяйственный эффект: получение товарного сена в объеме 30 ц/га с пологих участков на четвертый год после начала работ, что обеспечивает частичную окупаемость затрат на рекультивацию и возврат 24 га земель в сельскохозяйственный оборот Назаровского района.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Новицкий А.А. Рекультивация техногенных ландшафтов на угольных разрезах Красноярского края / А.А. Новицкий, В.А. Андроханов, А.Т. Лавриненко и др. // Вестник Кемеровского государственного университета. — 2012. — 4 (8). — С. 15–20.

2. Зеньков И.В. Технологии рекультивации земель и формирования архитектуры техногенных ландшафтов для предприятий горнодобывающей промышленности с открытыми горными работами / И.В. Зеньков. — Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2022. — 800 с.

3. Бадмаева Ю.В. Направления рекультивации нарушенных земель при добычных работах / Ю.В. Бадмаева // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. — 2023. — 4 (193). — С. 114–118.

 © Авторы статьи / Authors of the article

4. Ергина Е.И. Стратегия рекультивации нарушенных земель в результате добычи полезных ископаемых открытым способом в Крыму / Е.И. Ергина, С.М. Ергин, А.А. Пасынков. — Симферополь: Ариал, 2022. — 156 с.

5. Осинцева М.А. Особенности рекультивации отработанных территорий угольных разрезов в Кузбассе / М.А. Осинцева, Н.В. Бурова, Е.А. Жидкова // Международный научно-исследовательский журнал. — 2022. — 9 (123). — DOI: 10.23670/IRJ.2022.123.48

6. Андроханов В.А. Почвы техногенных ландшафтов: генезис и эволюция / В.А. Андроханов, Е.Д. Куляпина, В.М. Курачев. — Новосибирск : Издательство СО РАН, 2004. — 205 с.

7. Трифонов П.В. Оптимизация управленческих решений при выборе технологий рекультивации нарушенных земель в угледобывающих регионах Сибири и Якутии / П.В. Трифонов, Р.В. Серышев, С.В. Каширин и др. // Горная Промышленность. — 2026. — 3. — С. 120–129.

8. Заровняев Б.Н. Основные направления рекультивации нарушенных земель малых разрезов Якутии / Б.Н. Заровняев, Г.В. Шубин, С.П. Антоева // Успехи современного естествознания. — 2024. — 3. — С. 58–63.

9. Любакивский С.Е. Формирование состава травосмеси для проведения работ по рекультивации в условиях Крайнего Севера / С.Е. Любакивский, Ю.В. Сивков // Вестник науки. — 2024. — 6 (75). — С. 2151–2154.

10. Barneze ArleteS. Optimising grass-legume mixtures based on growth strategies for high N-yield and low N loss in fertilised grasslands / ArleteS. Barneze, NatalieJ. Oram, Willeke Weewer et al. // Plant Soil. — 2025. — 516. — P. 539–557. — URL: https://nora.nerc.ac.uk/id/eprint/540115/1/N540115JA.pdf (accessed: 13.07.26). — DOI: 10.1007/s11104-025-07736-5

11. Миков Л.С. Оценка эффективности рекультивации на участках разреза «Назаровский» с помощью данных дистанционного зондирования / Л.С. Миков, Е.Л. Счастливцев, В.А. Андроханов // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2023. — 1. — С. 70–83. — DOI: 10.25018/0236_1493_2023_1_0_70

12. Андроханов В.А. Итоги рекультивации на Назаровском угольном разрезе / В.А. Андроханов, И.Н. Госсен, В.Н. Уфимцев. // Биологическая рекультивация и мониторинг нарушенных земель: Материалы XI Всероссийской научной конференции с международным участием, 12–16 сентября 2022 года; — Сатка, Челебянская Область: Принтоника, 2022. — С. 16–19.

13. Миков Л.С. Аэрокосмический мониторинг нарушенных земель в Кузбассе (подход к реализации) / Л.С. Миков, И.А. Жукова // Вестник Научного центра ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности. — 2025. — 2. — С. 91–94. — DOI: 10.25558/VOSTNII.2025.38.72.005

Список литературы на английском языке / References in English

1. Noviczkij A.A. Rekul'tivaciya texnogenny'x landshaftov na ugol'ny'x razrezax Krasnoyarskogo kraya [Reclamation of Technogenic Landscapes at Open-Pit Coal Mines in Krasnoyarsk Krai] / A.A. Noviczkij, V.A. Androxanov, A.T. Lavrinenko et al. // Bulletin of Kemerovo State University. — 2012. — 4 (8). — P. 15–20. [in Russian]

2. Zen'kov I.V. Texnologii rekul'tivacii zemel' i formirovaniya arxitektury' texnogenny'x landshaftov dlya predpriyatij gornodoby'vayushhej promy'shlennosti s otkry'ty'mi gorny'mi rabotami [Technologies for land reclamation and the architectural design of man-made landscapes for open-pit mining enterprises] / I.V. Zen'kov. — Krasnoyarsk: Sibirskij federal'ny'j universitet, 2022. — 800 p. [in Russian]

3. Badmaeva Yu.V. Napravleniya rekul'tivacii narushenny'x zemel' pri doby'chny'x rabotax [Directions for the reclamation of lands disturbed by mining operations] / Yu.V. Badmaeva // Bulletin of Krasnoyarsk State Agrarian University. — 2023. — 4 (193). — P. 114–118. [in Russian]

4. Ergina E.I. Strategiya rekul'tivacii narushenny'x zemel' v rezul'tate doby'chi polezny'x iskopaemy'x otkry'ty'm sposobom v Kry'mu [Strategy for the reclamation of lands disturbed by open-pit mining in Crimea] / E.I. Ergina, S.M. Ergin, A.A. Pasy'nkov. — Simferopol': Arial, 2022. — 156 p. [in Russian]

5. Osinceva M.A. Osobennosti rekul'tivacii otrabotanny'x territorij ugol'ny'x razrezov v Kuzbasse [Specifics of Land Reclamation at Abandoned Open-Pit Coal Mines in Kuzbass] / M.A. Osinceva, N.V. Burova, E.A. Zhidkova // nternational Research Journal. — 2022. — 9 (123). — DOI: 10.23670/IRJ.2022.123.48 [in Russian]

6. Androkhanov V.A. Pochvy tekhnogennykh landshaftov: genezis i evolyutsiya [Soils of technogenic landscapes: genesis and evolution] / V.A. Androkhanov, E.D. Kulyapina, V.M. Kurachev. — Novosibirsk : Publishing House of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 2004. — 205 p. [in Russian]

7. Trifonov P.V. Optimizaciya upravlencheskix reshenij pri vy'bore texnologij rekul'tivacii narushenny'x zemel' v ugledoby'vayushhix regionax Sibiri i Yakutii [Optimization of management decisions regarding the selection of land reclamation technologies for disturbed lands in the coal-mining regions of Siberia and Yakutia] / P.V. Trifonov, R.V. Sery'shev, S.V. Kashirin et al. // Russian Mining Industry. — 2026. — 3. — P. 120–129. [in Russian]

8. Zarovnyaev B.N. Osnovny'e napravleniya rekul'tivacii narushenny'x zemel' maly'x razrezov Yakutii [Key directions for the reclamation of disturbed lands at small open-pit mines in Yakutia] / B.N. Zarovnyaev, G.V. Shubin, S.P. Antoeva // Advances in Modern Natural Science. — 2024. — 3. — P. 58–63. [in Russian]

9. Lyubakivskij S.E. Formirovanie sostava travosmesi dlya provedeniya rabot po rekul'tivacii v usloviyax Krajnego Severa [Formulating a grass seed mixture for land reclamation in the Far North] / S.E. Lyubakivskij, Yu.V. Sivkov // Bulletin of Science. — 2024. — 6 (75). — P. 2151–2154. [in Russian]

10. Barneze ArleteS. Optimising grass-legume mixtures based on growth strategies for high N-yield and low N loss in fertilised grasslands / ArleteS. Barneze, NatalieJ. Oram, Willeke Weewer et al. // Plant Soil. — 2025. — 516. — P. 539–557. — URL: https://nora.nerc.ac.uk/id/eprint/540115/1/N540115JA.pdf (accessed: 13.07.26). — DOI: 10.1007/s11104-025-07736-5

11. Mikov L.S. Ocenka e'ffektivnosti rekul'tivacii na uchastkax razreza «Nazarovskij» s pomoshh'yu danny'x distancionnogo zondirovaniya [Assessment of reclamation effectiveness at the Nazarovsky open-pit mine using remote sensing

 © Авторы статьи / Authors of the article

data] / L.S. Mikov, E.L. Schastlivcev, V.A. Androxanov // Mining Information and Analytical Bulletin. — 2023. — 1. — P. 70–83. — DOI: 10.25018/0236_1493_2023_1_0_70 [in Russian]

12. Androxanov V.A. Itogi rekul'tivacii na Nazarovskom ugol'nom razreze [Results of Land Reclamation at the Nazarovo Coal Mine] / V.A. Androxanov, I.N. Gossen, V.N. Ufimcev. // Biological Reclamation and Monitoring of Disturbed Lands: Proceedings of the 11th All-Russian Scientific Conference with International Participation, September 12–16, 2022; — Satka, Chelebyanskaya Oblast': Printonika, 2022. — P. 16–19. [in Russian]

13. Mikov L.S. Ae'rokosmicheskij monitoring narushenny'x zemel' v Kuzbasse (podxod k realizacii) [Aerospace Monitoring of Disturbed Lands in Kuzbass (Implementation Approach)] / L.S. Mikov, I.A. Zhukova // Bulletin of the VostNII Scientific Center for Industrial and Environmental Safety. — 2025. — 2. — P. 91–94. — DOI: 10.25558/VOSTNII.2025.38.72.005 [in Russian]