

УДК 622.882

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ПРОЦЕССЕ РЕКУЛЬТИВАЦИИ

Тюгаева О.О., Шель В.П.

Научный руководитель: Коржова А.В.

Кузбасский государственный технический университет имени

Т.Ф. Горбачева, филиал в г. Прокопьевске

Аннотация: Статья посвящена актуальной проблеме интеграции принципов энергосбережения в процесс рекультивации нарушенных земель. Традиционные методы восстановления экосистем часто характеризуются высокой энергоемкостью и ресурсозатратностью, что снижает их общую экологическую и экономическую эффективность[1]. Целью работы является обзор современных энергосберегающих подходов и технологий, применяемых на различных этапах рекультивации. В статье рассматриваются технологические решения (прецизионная техника, капельное орошение, возобновляемые источники энергии), биологические методы (фиторемедиация, использование местных растительных сообществ) и оптимизационные управленческие стратегии. Доказывается, что сознательное снижение энергопотребления не только сокращает затраты, но и минимизирует косвенное воздействие на окружающую среду, повышая устойчивость создаваемых экосистем [6].

Ключевые слова: рекультивация, энергосбережение, устойчивое развитие, фиторемедиация, возобновляемые источники энергии, ресурсоэффективность.

Abstract: The article addresses the relevant issue of integrating energy-saving principles into the reclamation process of disturbed lands. Traditional ecosystem restoration methods are often characterized by high energy intensity and resource intensity, which reduces their overall environmental and economic efficiency. The purpose of the work is to review modern energy-saving approaches and technologies used at various stages of reclamation. The article discusses technological solutions (precision machinery, drip irrigation, renewable energy sources), biological methods (phytoremediation, use of local plant communities) and optimization management strategies. It is proved that the conscious reduction of energy consumption not only reduces costs but also minimizes the indirect impact on the environment, increasing the sustainability of created ecosystems.

Keywords: reclamation, energy saving, sustainable development, phytoremediation, renewable energy sources, resource efficiency.

Рекультивация нарушенных земель – от карьеров и свалок до земель, пострадавших от промышленных аварий – является обязательным этапом ответственного природопользования. Её цель – возвращение ценности земельным ресурсам, восстановление экологических функций и, где это возможно, хозяйственной полезности территорий. Однако сам процесс восстановления зачастую требует значительных затрат энергии: топлива для тяжелой техники, электроэнергии для насосных станций и систем мониторинга, ресурсов на производство и транспортировку материалов (грунта, удобрений, саженцев)[7].

Эта скрытая «энергетическая цена» проекта может существенно снижать его чистую экологическую пользу. Например, восстановление ландшафта с использованием техники, работающей на дизельном топливе, одновременно вносит вклад в выбросы парниковых газов. Таким образом, задача современной рекультивации трансформируется: необходимо не просто восстановить землю, но сделать это максимально ресурсо- и энергоэффективным способом.

Технологические решения для снижения энергозатрат

Современные технологии предлагают конкретные инструменты для значительного сокращения энергопотребления на инженерно-техническом этапе рекультивации.

- Прецизионная техника и GPS-навигация. Использование бульдозеров, скреперов и самосвалов, оснащенных системами лазерного нивелирования и GPS, позволяет вести работы с высочайшей точностью[4]. Это минимизирует объем перемещаемого грунта (до 15-20%), сокращает количество проходов техники и оптимизирует её маршруты, исключая холостые пробеги. В результате расход дизельного топлива может быть снижен на 10-25%, что одновременно уменьшает углеродный след проекта и затраты на ГСМ.

- Энергоэффективные системы орошения. На биологическом этапе ключевым потребителем энергии часто является полив. Замена устаревших методов дождевания или самотечного полива на капельное орошение или подземный капельный полив дает комплексный эффект. Такие системы подают воду непосредственно к корневой зоне растений, сокращая потери на испарение и сток. Это позволяет экономить до 30-50% воды и, как следствие, до 40% электроэнергии, расходуемой насосными станциями на её подачу и опреснение (если требуется). Дополнительный бонус – снижение риска эрозии и заболачивания.

- Использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Рекультивируемые участки часто расположены на открытых, хорошо инсолируемых

или продуваемых местах. Это создает идеальные предпосылки для использования ВИЭ для энергоснабжения самих восстановительных работ[3]. Например, компактные солнечные панели или ветрогенераторы малой мощности могут обеспечивать энергией насосные станции для капельного орошения, системы автоматического мониторинга, освещение и зарядку аккумуляторов электроинструмента. Такой подход позволяет снизить зависимость от привозного топлива для дизель-генераторов.

Биологические и агротехнические методы как основа низкоэнергетического восстановления

Природа сама по себе является совершенной низкоэнергетической системой. Имитация естественных процессов – ключ к созданию устойчивых и не требующих постоянных затрат экосистем.

Фиторемедиация – «зеленая» альтернатива. Вместо энергоемких методов физико-химической очистки грунтов для загрязненных органическими или тяжелыми металлами почв всё чаще применяется фиторемедиация[2, 5]. Этот метод использует специальные виды растений (например, подсолнечник, горчица, тополь, ива), способные аккумулировать, разлагать или стабилизировать загрязнители. Хотя процесс занимает больше времени (3-10 лет), его энергозатраты практически несопоставимы с традиционными методами и сводятся к посеву, уходу и утилизации биомассы. Например, на восстановление гектара слабозагрязненной земли фиторемедиация может потребовать на 70-90% меньше ископаемой энергии, чем техническая ремедиация.

Использование местных и адаптированных видов растений. Импорт саженцев и семян издалека связан с транспортными расходами и риском неприживаемости. Стратегия, основанная на использовании местного посадочного материала и подобранных с учетом климата засухоустойчивых, многолетних трав и кустарников, радикально снижает потребность в последующем интенсивном уходе, поливе и внесении удобрений[6]. Такие сообщества быстрее проходят сукцессию и становятся самоподдерживающимися.

Агротехнические приемы для сохранения ресурсов. Простые, но эффективные методы, такие как мульчирование и посев сидератов, обогащают почву, сохраняют влагу и подавляют сорняки, сокращая необходимость во внесении минеральных удобрений, производство которых крайне энергоемко.

Управленческие и логистические аспекты энергосбережения

Эффективное управление проектом может принести значительную экономию энергии даже без внедрения высоких технологий[6, 7].

Интегрированное планирование работ. Детальное проектирование этапов рекультивации с учетом логистики позволяет минимизировать переме-

щения техники и персонала. Совмещение операций сокращает количество мобилизаций оборудования.

Принцип «на месте» (On-site). Максимальное использование материалов, доступных на территории: очищенный грунт, дробленые строительные отходы для отсыпки дорог, полученная при расчистке древесина для мульчи. Это снижает затраты на транспортировку материалов извне, которые могут составлять до 30-40% энергозатрат проекта[7].

Оценка жизненного цикла (LCA). Принятие решений на основе анализа жизненного цикла позволяет выбирать те методы и материалы, которые имеют наименьшие совокупные энергозатраты и экологический след – от производства до утилизации.

В заключение нельзя не сказать о том, что энергосбережение в процессе рекультивации перестало быть узкотехнической или экономической задачей. Оно превратилось в важнейший критерий экологической зрелости и эффективности самого восстановительного проекта. Как показано в статье, интеграция энергоэффективных подходов возможна на всех уровнях: от применения умной техники[4] и возобновляемой энергетики[3] до использования биологического потенциала растений[2, 5] и грамотного управления[6, 7].

Синергетический эффект от такого подхода очевиден: снижается себестоимость работ, минимизируется косвенное негативное воздействие на окружающую среду, а создаваемые экосистемы становятся более устойчивыми и автономными. Таким образом, энергосберегающая рекультивация становится практическим инструментом достижения целей устойчивого развития. Для нового поколения экологов и инженеров владение этими принципами и технологиями станет обязательным компонентом профессиональной компетентности.

Список источников

1. Габбасова И.М., Сулейманов Р.Р. Комплексная рекультивация нарушенных земель с элементами энергосбережения // Экология и промышленность России. — 2021. — Т. 25, № 5. — С. 52–57. (дата обращения 08.12.25)
2. Пиковский Ю.И., Геннадиев А.Н. Фиторемедиация почв: теория и технология. — М.: ГЕОС, 2019. — 212 с. (дата обращения 08.12.25)
3. Курбатова А.С. Возобновляемые источники энергии в системе природообустройства и рекультивации. — СПб.: Лань, 2020. — 180 с. (дата обращения 09.12.25)
4. Лыков И.Н., Стадниченко А.П. Применение GPS-технологий и систем автоматизации для повышения эффективности природовосстановитель-

ных работ // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2022. — № 5. — С. 145–155. (дата обращения 10.12.25)

5. Бессолицын Д.В. Энергоэффективные биотехнологии в ремедиации загрязненных земель: фиторемедиация и биокомпостирование // Вестник МГСУ. — 2021. — Т. 16, Вып. 10. — С. 1380–1392. (дата обращения 09.12.25)

6. Устойчивое восстановление деградированных земель: руководство для проектировщиков и управленцев / Под ред. К.С. Хабирова. — Казань: Изд-во Казанского ун-та, 2022. — 167 с. (дата обращения 10.12.25)

7. Анализ энергозатрат на различных этапах технической и биологической рекультивации / С.П. Горлов, М.К. Федорова // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. — 2020. — Т. 331, № 5. — С. 102–113 (дата обращения 11.12.25)