

УДК 574* 528.88

*Алфёрова Вера Сергеевна, магистр, Уфа, alferova.suju@mail.ru
Уфимский государственный нефтяной технический университет*

Alferova Vera Sergeevna, master, Ufa, alferova.suju@mail.ru

Ufa State Petroleum Technological University

Мустафина Диана Дамировна, магистр, Уфа, diano4kadin1978@mail.ru

Уфимский государственный нефтяной технический университет

Mustafina Diana Damirovna, master, Ufa, diano4kadin1978@mail.ru

Ufa State Petroleum Technological University

Белан Лариса Николаевна, профессор,

доктор геолого-минералогических наук

Уфимский государственный нефтяной технический университет

Belan Larisa Nikolaevna, professor,

Doctor of Geological and Mineralogical Sciences

Ufa State Petroleum Technological University

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БПЛА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛА САМОВОССТАНОВЛЕНИЯ РЕКУЛЬТИВАЦИОННЫХ ЗЕМЕЛЬ

Аннотация. В статье предложен протокол аэрофотосъемки с БПЛА и мультиспектральными сенсорами. Анализируется динамика биогеофизических индикаторов. Важные показатели включают влажность почв и проективное покрытие. Использование высокоточных данных способствует предиктивному управлению рекультивацией. Это повышает эффективность мониторинга и снижает затраты на восстановление земель.

Ключевые слова: рекультивация, самовосстановление, почва, нефть, аэрофотосъемка, БПЛА.

SELF-RESTORATION OF OIL-CONTAMINATED LANDS: MODERN APPROACHES AND PROSPECTS

Abstract. The article proposes a protocol for aerial photography with UAVs and multispectral sensors. The dynamics of biogeophysical indicators is analyzed. Important indicators include soil moisture and projective cover. The use of highly accurate data contributes to predictive management of remediation. This increases the effectiveness of monitoring and reduces the cost of land restoration.

Keywords: remediation, self-healing, soil, oil, aerial photography, UAV.

Для оценки эффективности восстановления земель традиционно используют визуальные наблюдения, геоботанические изыскания и лабораторные анализы почвенных образцов. Визуальный осмотр позволяет выявить признаки эрозии и оценить состояние растительности. Геоботанические исследования определяют виды растений и степень покрытия территории. Лабораторные анализы предоставляют информацию о физико-химических характеристиках почвы. Совместно эти методы дают возможность всесторонне оценить успешность рекультивации [1].

Наземные методы характеризуются высокой точностью и доступностью оборудования, а лабораторный анализ – эталонной точностью определения плодородия, состава и уровня загрязнения почв, однако, они трудоемки, субъективны (визуальная оценка), ограничены в охвате территории.

Дистанционное зондирование со спутников – важный инструмент регулярного мониторинга. Анализ вегетационных индексов (NDVI, SAVI) позволяет отслеживать перемены в растительном покрове, предоставляя объективные данные и масштабную оценку динамики восстановления [2]. Технология позволяет выявлять аномалии и оперативно корректировать мероприятия. Недостатки – зависимость от атмосферных условий и

пространственного разрешения. Перспективно использование гиперспектральных сенсоров [3].

Разработка алгоритмов обработки данных с беспилотников важна для оценки параметров восстановления почв. Создание пространственных моделей позволяет оценить потенциал самовосстановления, а интеграция мультиспектральных данных с вегетационными индексами – картографировать зоны восстановительного потенциала. Сравнение аэрофотоснимков выявляет пространственно-временные закономерности.

Интеграция наземных и дистанционных методов нивелирует недостатки каждого из них. Наземные данные калибруют и валидируют спутниковые и аэрофотоснимки, повышая достоверность оценки и позволяя распространить результаты на более крупные участки.

Геоинформационные системы (ГИС) помогают анализировать и визуализировать данные о рекультивации, отслеживать динамику, выявлять проблемные зоны и эффективно планировать мероприятия, обеспечивая прозрачность и доступность информации [4]. Экспертные системы и машинное обучение выявляют скрытые закономерности и прогнозируют развитие процессов, оптимизируя стратегии рекультивации и снижая риски.

Совершенствование методов оценки требует комплексного подхода. Важно учитывать экологическую безопасность, экономическую целесообразность и современные технологии. Инвестиции в рекультивацию – это инвестиции в будущее, обеспечивающие устойчивое развитие.

Внедрение интегрированных систем мониторинга, объединяющих данные наземных наблюдений, дистанционного зондирования и ГИС, является ключевым направлением развития оценки эффективности восстановления земель. Это позволяет создать динамическую модель рекультивации, учитывающую различные факторы и их взаимосвязи, что

значительно повышает точность прогнозов и оптимизирует управление процессом.

Актуальной задачей является разработка и адаптация нормативно-правовой базы, регламентирующей применение дистанционных и геоинформационных технологий в сфере рекультивации. Необходимо унифицировать требования к данным, методам анализа и форматам представления результатов, что обеспечит сопоставимость и прозрачность оценок, облегчит принятие управленческих решений.

Повышение квалификации специалистов в области дистанционного зондирования, ГИС и машинного обучения – необходимое условие эффективного внедрения современных технологий в практику рекультивации. Требуются образовательные программы и курсы переподготовки, ориентированные на освоение современных методов анализа данных и интерпретации результатов для принятия обоснованных решений [5].

Совершенствование методов оценки эффективности восстановления земель – это непрерывный процесс, требующий постоянного развития и адаптации к новым технологиям и вызовам. Комплексный подход, объединяющий опыт и знания ученых, специалистов-практиков и представителей органов управления, позволит обеспечить устойчивое и эффективное восстановление нарушенных территорий.

Список литературы

1. Грубина, П.Г. Информативность данных инфракрасного диапазона съемки для детектирования свойств пахотных почв / П. Г. Грубина, И. Ю. Савин // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агронимия и животноводство. – 2023. – Т. 18, № 2. – С. 197-212.
2. Миков, Л.С. Оценка эффективности рекультивации на участках разреза "Назаровский" с помощью данных дистанционного зондирования /

Л. С. Миков, Е. Л. Счастливец, В. А. Андроханов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2023. – № 1. – С. 70-83.

3. Осинцева, М. А. технологии дистанционного зондирования Земли с применением беспилотных воздушных судов / М. А. Осинцева, А. О. Рада, А. Д. Кузнецов // Успехи современного естествознания. – 2024. – № 1. – С. 74-79.

4. Слюсарь, Н.Н. Визуальное обследование объектов захоронения отходов с использованием беспилотных летательных аппаратов / Н. Н. Слюсарь, В. Н. Коротаяев, Ю. В. Куликова // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. – 2017. – № 4(28). – С. 25-36.

5. Соколов, А.С. Геоинформационные системы в экологии и природопользовании. Работа с данными дистанционного зондирования Земли : практическое пособие / А. С. Соколов ; Гомельский гос. ун-т им. Ф. Скорины. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2024. – 44 с.