

УДК 504.064.37:004.8

ЗВЕРЕВ Н. Е., студент гр. ПГс-221, техник НИЛ ЦТМСК (КузГТУ)  
Научный руководитель СМИРНОВА А. Д., ассистент, научный сотрудник  
НИЛ ЦТМСК (КузГТУ)  
г. Кемерово

## О ПЕРСПЕКТИВАХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БПЛА И АЛГОРИТМОВ ИИ ДЛЯ МОНИТОРИНГА И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЭКОСИСТЕМ

Горнодобывающая отрасль играет ключевую роль в обеспечении экономического роста и процветания страны. Однако, несмотря на экономическую значимость этой сферы, её деятельность, особенно в контексте добычи угля открытым способом, оказывает негативное влияние на окружающую среду. Согласно данным Министерства угольной промышленности, в настоящее время в Кузбассе функционируют 95 угледобывающих предприятий, из которых более половины ведут добычу угля открытым способом [1].

Данный способ разработки месторождений влечет за собой ущерб экосистеме, в том числе уничтожение плодородного слоя почвы, а также снижение биоразнообразия флоры и фауны региона. Растущий объем угледобычи лишь усугубляет эту проблему, ведя к деградации земель и утрате возможности их использования по целевому назначению. При этом земли, которые утратили свое первоначальное качество в результате деятельности человека, называют нарушенными землями или техногенными ландшафтами [2].

По данным, опубликованным в Докладе о состоянии и охране окружающей среды Кемеровской области – Кузбасса за 2023 год, на территории региона нарушено 5079 тыс. га земель, из которых 4531 тыс. га пострадали вследствие разработки месторождений полезных ископаемых. Согласно тем же данным, в 2023 году были рекультивированы 0,712 тыс. га нарушенных земель, что составляет всего 14% от их общего количества [3]. Таким образом, на общей площади земель Кузбасса, равной 9573 тыс. га, доля нарушенных земель составляет 53,2%, что является безусловной угрозой для экологической ситуации в регионе (рис. 1).



Рисунок 1. Соотношение нарушенных и ненарушенных земель в Кузбассе, тыс. га [3]

Основным методом хранения отработанной горной породы на данный момент является создание отвалов пустых пород, накапливающих в себе опасные химические вещества, подверженные процессу самовозгорания и угрозе обвалов. Именно отвалы становятся главным объектом рекультивации. На сегодняшний день восстановление техногенных ландшафтов осуществляется преимущественно с использованием традиционных методов, которые в основном выполняются последовательно и поэтапно. Согласно общим требованиям к рекультивации земель, среди этапов выделяют подготовительный, горнотехнический и биологический. На подготовительном этапе осуществляются разработка проектной документации, определение направления дальнейшего использования восстановленных земель и финансовое обоснование работ. Горнотехнический этап включает восстановление рельефа, подготовку плодородного слоя почвы и строительство гидротехнических сооружений для регулирования водного режима. Это, в свою очередь, создает условия для биологического этапа, который предполагает подготовку почвы, внесение удобрений, а также посадку трав и деревьев с целью создания устойчивого растительного покрова, предотвращающего эрозию почв [4].

Несмотря на вышесказанное, анализ соотношения количества нарушенных и восстановленных земель в Кузбассе демонстрирует несоответствие темпов рекультивации темпам нарушений (рис. 2). В связи с этим можно сделать вывод, что традиционные методы рекультивации не обеспечивают необходимого уровня поддержания экологического равновесия.

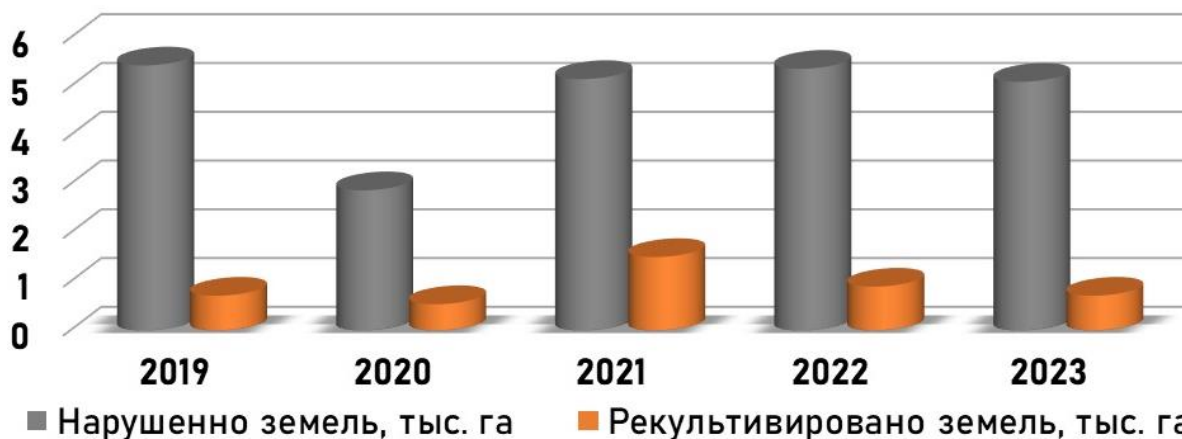


Рисунок 2. Соотношение площади нарушенных и рекультивированных земель в Кузбассе, тыс. га [3]

На сегодняшний день одним из наиболее эффективных методов оптимизации процесса рекультивации является использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Благодаря своей multifunctionality, мобильности и большому радиусу действия БПЛА способны выполнять широкий спектр задач. Оснащение этих аппаратов разнообразными датчиками, такими как акустические, визуальные, экологические и биологические, позволяет адаптировать их под конкретные цели. В частности, БПЛА применяются для проведения топогра-

фической съемки, мониторинга экологического состояния и обеспечения безопасности территории, что значительно повышает эффективность мероприятий по рекультивации нарушенных земель.

Тем не менее, несмотря на существующие преимущества применения БПЛА, связанные в первую очередь с оптимизацией сбора различных типов данных, анализ полученной информации все равно остается трудоемким и энергозатратным процессом. Как следствие, возникает необходимость внедрения в процесс рекультивации инновационных технологий, в частности, связанных с обработкой и анализом полученных с БПЛА данных.

Современный этап развития горнодобывающей отрасли характеризуется цифровой трансформацией всех производственных процессов, включая и рекультивацию земель. Одной из ключевых составляющих современного цифрового горного производства является технология искусственного интеллекта (ИИ), позволяющая интегрировать данные и аналитику в режиме реального времени. Она улучшает процесс принятия решений и оптимизирует производственные операции. Важна также и разработка отечественных экспертных систем (ЭС) с целью решения различных целей угледобывающей отрасли, в том числе для оптимизации решения задач постмайнинга [5,6].

Для выявления перспектив и преимуществ создания комплекса БПЛА с интегрированным алгоритмом ИИ, а также с целью определения основных задач, которые этот комплекс сможет эффективно решать, следует провести анализ существующих методов рекультивации с применением БПЛА, а также технологических процессов, пригодных для внедрения и использования алгоритма ИИ. Это исследование станет основой для разработки более эффективных методов восстановления нарушенных земель, что критически важно в условиях растущей техногенной нагрузки.

Неотъемлемой частью работ по рекультивации нарушенных земель является и построение цифровой модели местности (ЦММ), осуществляемое, как правило, на подготовительном этапе. Для аэрофотосъемки и построения ЦММ широко применяются именно БПЛА [7]. Создание цифровой модели непосредственно породного отвала обусловлено необходимостью как оптимизации определения углов откосов, высот, площадей и объемов отвалов, так и обеспечения безопасности выполнения работ [8]. Впоследствии ЦММ может использоваться и в горнотехническом этапе с целью расчёта необходимых объемов работ [9]. Во время биологического этапа рекультивации использование мультиспектральной съемки позволяет определить степень техногенной нагрузки на объектах и территориях накопленного экологического ущерба, после чего оценить возможность восстановления естественного растительного покрова. Более того, результаты мультиспектральной съемки могут служить индикатором эффективности биологического этапа рекультивации [10].

Вопросу применения алгоритмов ИИ (в частности, нейросетей для анализа данных, получаемых посредством съемки с БПЛА на различных этапах рекультивации) посвящено несколько исследований отечественных специалистов. Например, выяснено, что ИИ может быть применен в различных аспектах созда-

ния ЦММ и рельефа, включая обработку и анализ больших объемов геопространственных данных, классификацию объектов, сегментацию изображений и генерацию детализированных моделей [11]. Данная технология позволяет оптимизировать работу на подготовительном и горнотехническом этапах рекультивации. Кроме этого, существуют примеры использования ИИ с методологией машинного обучения для обработки гиперспектральных данных с целью классификации земного покрова и ведения мониторинга растительности [12]. Этот вывод открывает широкие возможности для контроля и корректировки процесса рекультивации на биологическом этапе.

Помимо исследований, посвящённых использованию нейросетей для анализа данных дистанционного зондирования, проводятся также научные исследования в области создания экспертных систем (ЭС) мониторинга окружающей среды и прогнозирования её состояния. Эти системы используются в управлении окружающей средой — в частности, при решении вопросов рационального использования ресурсов и территорий. По отношению к окружающей среде ЭС, однако, пока ещё не получили достаточно широкого распространения. В качестве основной причины этому можно назвать отсутствие единой стандартизированной базы данных. Кроме того, в этой области гораздо шире используются информационные системы, занимающиеся отбором необходимой информации, тогда как принятие решений берут на себя люди [13]. К основным задачам экологических ЭС можно отнести оценку экологической ситуации с последующей выдачей рекомендаций по улучшению состояния окружающей среды и ликвидации экологически опасных объектов.

В рамках данного исследования был проведен анализ перспективного потенциала интеграции ИИ в процесс рекультивации нарушенных земель с целью обработки данных, полученных в результате съемки с БПЛА. Актуальное и действенное применение ИИ на различных этапах восстановительного процесса критически важно для оптимизации аналитической деятельности, а также для интерпретации и анализа данных, собранных методом дистанционного зондирования. Также следует отметить и актуальность разработки отечественных ЭС экологического мониторинга с последующим их внедрением в работы по восстановлению земель. Данные разработки могут активно поспособствовать более устойчивому восстановлению экосистем.

Исследование выполнено при финансовой поддержке государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (№ 075–03-2024-082-2).

#### Список литературы:

1. Министерство угольной промышленности Кузбасса [Электронный ресурс]. URL: <https://mupk42.ru/ru/> (дата обращения: 04.03.2024).
2. ГОСТ Р 59070-2020. Рекультивация нарушенных и нефтезагрязненных земель. Термины и определения: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 1

октября 2020 г. № 731-ст: дата введения 2021-04-01. – Москва: Стандартинформ, 2014. – 16 с.

3. Доклад о состоянии и охране окружающей среды Кемеровской области – Кузбасса в 2023 году. – г. Кемерово, 2024. – 510 с.

4. Зверев Н.Е. Об эффективности использования БПЛА в целях рекультивации нарушенных земель / Н.Е. Зверев, А.Д. Смирнова // Сборник материалов XVI Всероссийско научно-практической конференции молодых ученых «РОССИЯ МОЛОДАЯ», Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева. – 2024. – С. 010302.1.

5. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 12 марта 2024 г. № 581-р «Об утверждении стратегического направления в области цифровой трансформации топливно-энергетического комплекса до 2030 года».

6. Марьина А.В. Актуальность разработки отечественных экспертных систем для угледобывающего сектора / А.В. Марьина, А.Д. Смирнова // Сборник материалов XVI Всероссийско научно-практической конференции молодых ученых «РОССИЯ МОЛОДАЯ», Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева. – 2024. – С. 010303.1.

7. Галдин С.А. Применение инновационных технологий при аэрофотосъемке местности / С.А. Галдин, Е.Г. Землянко // Специальная техника и технологии транспорта. – 2020. – Т. 43. – №5. – С. 48-53.

8. Прохоров Д.О. Создание цифровой модели породного отвала угольной шахты на основе съемки беспилотным летательным аппаратом / Д.О. Прохоров // Известия Тульского государственного университета. Науки о земле. – 2018. – №1. – С.331.

9. Немова Н.А. Моделирование процесса восстановления земель как часть цифровизации месторождений / Н.А. Немова, А.В. Резник, В.Н. Карпов // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. – 2021. – Т. 2. – №3. – С. 322-331.

10. Коновалов В.Е. Использование мультиспектральной съемки для оценки прошлого накопленного экологического ущерба на территории отработанных месторождений полезных ископаемых. / В.Е. Коновалов, Л.С. Рыбникова, Д.А. Бузина // Актуальные вопросы землепользования и управления недвижимостью. – 2022. – С. 274-284.

11. Тихонова К.В. Техническое обеспечение создания и обновления картографической основы местности. Перспектива внедрения нейросетей в процесс создания цифровых моделей рельефа. / К.В. Тихонова, П.Д. Чепелев, Д.А. Тихонов // Экономика и экология территориальных образований. – 2023. – Т. 2. – №7. – С. 50-61.

12. Корихин Н.Н. Необходимость применения искусственного интеллекта для обработки данных дистанционного зондирования земли. / Н.Н. Корихин, В.Ф. Ковязин // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2023. – №64. – С. 61-66.

13. Краева Е.В. Экспертные системы в экологическом мониторинге. / Е.В. Краева, Т.В. Тимочкина // Сборник материалов научно-практической конференции «Земля и человек. Актуальные вопросы современного состояния окружающей среды» – 2020. – С. 269-273.