

## УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной  
и инновационной деятельности,  
д.т.н., профессор



  
С.В. Коновалов  
«08» 08 2025 г.

## ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу Маневич Полины Павловны «Разработка методики оценки состояния растительности рекультивированных земель угледобывающих районов на основе данных дистанционного зондирования земли из космоса», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности – 1.6.21 – «Геоэкология».

### 1. Актуальность работы

Диссертационная работа Маневич Полины Павловны посвящена разработке методики оценки состояния растительности рекультивированных земель угледобывающих районов с использованием данных дистанционного зондирования Земли из космоса. Актуальность темы обусловлена значительным техногенным воздействием открытой добычи угля на окружающую среду, включая деградацию растительного покрова не только в зоне разработки, но и на прилегающих территориях.

Рекультивация нарушенных земель требует регулярного и объективного мониторинга, что в условиях ограниченности традиционных методов делает необходимым внедрение дистанционных технологий. Использование данных спутникового зондирования позволяет повысить эффективность контроля и снизить затраты на полевые исследования. Важность разработок в этой области подчеркнута приоритетами государственной экологической политики и направлениями научно-технического развития Российской Федерации.

В этой связи тема представленной диссертационной работы является актуальной научной задачей, имеющей высокую степень прикладной значимости.

### 2. Структура работы

Диссертационная работа П.П. Маневич включает введение, 4 главы, заключение и 1 приложение. Основной текст изложен на 140 страницах, содержит 46 иллюстраций и 12 таблиц. Список использованной литературы насчитывает 199 наименований.

### 3. Цель и идея работы.

Целью диссертационной работы является разработка методики оценки состояния растительного покрова рекультивированных земель угледобывающих районов с использованием данных дистанционного зондирования Земли, с учётом факторов, лимитирующих продуктивность растительности.

Поставленная цель реализуется на основе идеи интегральной оценки состояния растительного покрова с применением нормированного набора спутниковых вегетационно-почвенных индексов, отражающих спектральные характеристики почвы и растительности и позволяющих учитывать влияние природных и антропогенных ограничений. Такой подход обеспечивает возможность пространственно-временного анализа вегетационной активности и формирует инструментальную основу для экологического мониторинга эффективности рекультивационных мероприятий.

### 4. Содержание работы

Во введении автором сформулированы актуальность и научная обоснованность темы, определены цель, задачи, объект и предмет исследования, обоснованы научная новизна, практическая значимость, а также структура и логика построения работы.

*Первая глава* диссертационной работы посвящена всестороннему анализу современного состояния и проблематики экологического мониторинга растительного покрова в районах угледобычи. Рассмотрены особенности техногенного воздействия угольных разрезов на ландшафтные структуры, гидрологический режим и биоту. Автором обобщены данные по воздействию угледобычи на смежные сельскохозяйственные и природные территории, в том числе с учётом постоянного загрязнения в санитарно-защитных зонах. Отдельное внимание уделено критической оценке возможностей полевых и лабораторных методов наблюдений, их территориальным ограничениям, ресурсоёмкости и недостаточной масштабируемости. В рамках главы дана комплексная характеристика возможностей дистанционного зондирования Земли как инструмента многофакторного анализа нарушенных территорий. Описаны направления адаптации существующих ДЗЗ-подходов к условиям угледобывающих районов, включая необходимость учёта специфики отражательных характеристик нарушенного ландшафта. На основании анализа научной и технической литературы обоснована целесообразность разработки интегральной методики оценки состояния растительности, основанной на спектральных характеристиках и лимитирующих факторах.

*Во второй главе* изложены теоретические и прикладные основы использования спутниковых вегетационных и почвенных индексов в задачах мониторинга состояния нарушенных экосистем. Автором выполнена систематизация вегетационных индексов, применяемых в дистанционном зондировании с приведением формул, диапазонов значений и интерпретационных критериев. Рассмотрены физико-биохимические основы

формирования спектральных признаков растительности и их вклад в формирование значений индексов. Подчёркнуты особенности оптического взаимодействия между растительностью, почвой и атмосферой в условиях угледобывающих районов. Особое внимание уделено влиянию спектральной неоднородности подстилающей поверхности, пылевой нагрузки, деградации почвы, а также геоморфологических параметров на точность оценки вегетационных характеристик. Обоснована необходимость использования дополнительной нормализации и геоэкологической коррекции вегетационных индексов для учёта лимитирующих факторов продуктивности. Приведены принципы классификации индексов в зависимости от типа растительного покрова, уровня развития биомассы и степени антропогенного воздействия.

*В третьей главе* представлены теоретико-методологические основания и алгоритмическая реализация разработанной методики оценки состояния растительного покрова в районах открытой угледобычи с использованием данных дистанционного зондирования Земли и учётом лимитирующих факторов продуктивности. В качестве исходных параметров использованы вегетационные и почвенные индексы, отражающие фотосинтетическую активность и спектральные свойства растительности, а также набор показателей, ограничивающих её развитие – влажность, температура, засоленность почв, рельеф и отражательная способность поверхности. Обоснована концепция интегрального показателя, позволяющего количественно оценить устойчивость растительного покрова относительно природно-техногенных условий среды. Представлен пошаговый алгоритм расчёта: от нормализации исходных индексов до построения дифференциальных и агрегированных индикаторов. Предложенный подход основан на сравнении показателей качества растительности с лимитирующими факторами в унифицированной шкале и позволяет выявлять степень угнетения или восстановления растительности в конкретных участках. Разработанная методика реализуется в среде геоинформационных систем и адаптирована для обработки спутниковых данных на больших территориях. Показана возможность интеграции расчётных процедур в автоматизированные ГИС-платформы, что обеспечивает масштабируемость и воспроизводимость оценки. Результатом применения методики являются картографические модели состояния растительности, пригодные для мониторинга динамики экосистем и оценки эффективности биологического этапа рекультивации.

*В четвёртой главе* представлены результаты практической апробации разработанной методики на примере территории Талдинского угольного месторождения. Проведён комплексный анализ пространственно-временной динамики состояния растительного покрова за шестилетний период с использованием спутниковых данных. Для оценки влияния антропогенной нагрузки были выбраны репрезентативные участки с различной степенью воздействия, сопоставимые по физико-географическим условиям. Выполнено сравнение значений NDVI и расчёт интегрального показателя состояния растительности на основе предложенного алгоритма с учётом лимитирующих

факторов. Расчёты проводились по спутниковым изображениям Landsat и модели рельефа SRTM. Полученные данные легли в основу серии картографических моделей, позволяющих отследить сезонные и межгодовые изменения растительности. Установлены закономерности снижения вегетационной активности вблизи зон открытых горных работ, в том числе на отвалах, где зафиксированы минимальные значения интегрального показателя. Проведена аппроксимация временных рядов и количественная оценка степени деградации покрова. Выявлены трудности интерпретации данных в периоды повышенной облачности и низкой сезонной активности, предложены подходы к исключению артефактов. По результатам анализа сформулированы выводы о применимости методики в условиях техногенного ландшафта и даны рекомендации по её использованию в системе экологического контроля. Подтверждена возможность автоматизированного мониторинга состояния растительности на основе спутниковых данных для оценки эффективности биологического этапа рекультивации, с дальнейшим внедрением в практику государственного и производственного экологического надзора.

#### **5. Новизна результатов исследования, выводов и рекомендаций**

Новизна проведённого автором исследования заключается в следующем:

1. Впервые обоснован набор лимитирующих показателей состояния растительного покрова в районах разработки угольных месторождений и выделен набор спутниковых индексов, отражающих факторы, лимитирующие продуктивность растительности в условиях техногенной трансформации (NDMI, BSI, NSMI, NDBI).
2. Разработана новая методика оценки состояния растительности в районах открытой добычи угля, позволяющая формировать картографические модели, отражающие воздействие как природных, так и антропогенных факторов.
3. Впервые предложен интегральный показатель качества состояния растительности относительно лимитирующих факторов, выраженный в виде нормированного набора спутниковых вегетационно-почвенных индексов, что позволяет проводить оценку состояния растительности единственным обобщающим показателем.
4. Разработанная модель и алгоритм расчёта интегрального показателя позволяют выполнять оценку эффективности биологического этапа рекультивации в автоматизированном формате с использованием геоинформационных систем.

#### **6. Практическая значимость полученных результатов**

Практическая значимость диссертационного исследования определяется актуальными задачами развития угольной отрасли, в рамках которой предусмотрено увеличение площадей рекультивируемых земель при сохранении высоких объёмов добычи. Разработанная методика оценки

состояния растительного покрова на основе данных дистанционного зондирования расширяет возможности оперативного экологического контроля на горнопромышленных территориях. Её реализация в среде Google Earth Engine обеспечивает высокую степень автоматизации анализа и позволяет проводить мониторинг на больших и труднодоступных участках. Предложенный подход может быть интегрирован в системы государственного, общественного и производственного экологического мониторинга, обеспечивая объективную оценку эффективности рекультивационных мероприятий и выявление зон с признаками деградации растительности.

Результаты работы могут быть внедрены в производство угольных компаний, государственные надзорные службы и общественные экологические организации. Соответствующие научные исследования следует продолжить научным коллективам институтов, занимающихся мониторингом состояния земного покрова, экологическими проблемами горнопромышленных ландшафтов и рекультивацией земель.

### **7. Обоснованность и достоверность научных положений**

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, представленных в диссертационной работе, обеспечиваются опорой на результаты международных и отечественных исследований в области дистанционного мониторинга и геоэкологии, применением современных методов оценки состояния растительности по данным дистанционного зондирования Земли с достоверностью до 5–12% относительного изменения регистрируемых показателей, а также анализом данных, полученных в результате расчётного моделирования. Полученные результаты отличаются воспроизводимостью, логической непротиворечивостью и были апробированы на международных конференциях и симпозиумах, что подтверждает их надёжность и прикладную значимость.

### **8. Публикации и апробация результатов**

Основные научные положения диссертационной работы были доложены: на Всероссийской научно-практической конференции «Геоинформационное картографирование в регионах России» (Воронеж, ВГУ, 2020); Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы экологии и природопользования: партнерство в целях устойчивого развития и экологической безопасности» (Москва, РУДН, 2020); Международном научном симпозиуме «Неделя горняка» (Москва, НИТУ «МИСиС», 2018, 2020, 2021, 2022, 2023); Международной конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса» (Москва, ИКИ РАН, 2022, 2024). Результаты работы докладывались на семинарах кафедры Безопасность и экология горного производства НИТУ МИСиС.

**9. По диссертационной работе имеются ряд замечаний, которые заключаются в следующем:**

1. В диссертации представлена обоснованная авторская методика, однако сравнительный анализ с существующими отечественными и зарубежными подходами оценки состояния растительности по данным ДЗЗ проведён ограниченно. Более полное сопоставление с ранее апробированными методами могло бы усилить обоснование выбора применённых индексов и расчётной схемы

2. Выбор состава лимитирующих факторов и соответствующих индексов NDMI, BSI, NSMI и NDBI логически мотивирован, однако целесообразно было бы включить в текст более детальное объяснение их чувствительности и специфики в условиях техногенно трансформированных ландшафтов, особенно при переходе от качественной к количественной оценке.

3. Алгоритм построения интегрального показателя изложен последовательно, но с высокой степенью технической детализации. Для повышения наглядности и практической применимости методики было бы полезно дополнить текст графической схемой или блок-диаграммой расчётной логики.

4. Предлагаемую авторскую методику можно использовать для оперативной оценки состояния растительного покрова на отвалах после рекультивации нарушенных земель, однако, для более точной оценки восстановления растительного, особенно почвенного покрова на нарушенных территориях необходим комплексный подход, а именно использование данных дистанционного зондирования земли и инструментальных методов в полевых условиях.

Указанные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы и носят уточняющий и редакционный характер.

### **Заключение**

Диссертационная работа Маневич Полины Павловны выполнена на высоком научном уровне, отличается актуальностью, методологической проработанностью, научной новизной и практической значимостью. Представленные в работе результаты обладают внутренней логикой, обоснованностью и воспроизводимостью, подтверждаются расчётами, моделированием и апробацией на реальных данных.

Содержание диссертации, её структура, научные положения, сформулированные выводы и рекомендации соответствуют требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 1.6.21 «Геоэкология».

Диссертационная работа Маневич П.П. «Разработка методики оценки состояния растительности рекультивированных земель угледобывающих районов на основе данных дистанционного зондирования Земли из космоса» соответствует требованиям Положения о порядке присуждения учёных

степеней в НИТУ МИСИС, а её автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по указанной специальности.

Автореферат полностью отражает содержание диссертационной работы.

Отзыв ведущей организации по диссертационной работе Маневич Полины Павловны заслушан и обсужден на заседании Ученого совета Института горного дела и геосистем, протокол № 10 от 30.05.2025 г.

Отзыв подготовлен:  
Заведующий кафедрой геологии,  
геодезии и безопасности жизнедеятельности,  
доктор геолого-минералогических наук,  
профессор

Я.М. Гутак

Директор Центра Геоэкология,  
кандидат биологических наук,  
доцент кафедры геологии, геодезии и  
безопасности жизнедеятельности

И.С. Семина

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный индустриальный университет»,  
654007, Кемеровская область - Кузбасс, г. Новокузнецк, Центральный р-н, ул. Кирова, зд. 42. Телефон: +7 (3843) 77-79-79  
E-mail: rector@sibsiu.ru

Подписи Я.М. Гутак и И.С. Семиной заверяю

Начальник отдела кадров СибГИУ



Т.А. Миронова

02.06.2025