

ОТЗЫВ

ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

профессора, доктора геолого-минералогических наук

Экзарьяна Владимира Нишановича

на диссертационную работу Ермакова Василия Васильевича

**«Разработка многоуровневой мультисенсорной системы мониторинга за-
грязнений земной поверхности углеводородами»,**

представленной на соискание ученой степени доктора технических наук
по специальности 1.5.15. Экология

Актуальность диссертационной работы

Диссертационное исследование Ермакова В.В. посвящено созданию многоуровневой мультисенсорной системы оперативного мониторинга нефтезагрязнений земной поверхности, что обусловлено постоянным ростом объёмов добычи и транспортировки углеводородов. В связи с этим возрастает потребность в разработки технических решениях, способных объединить преимущества масштабного зондирования и оперативного экспресс-анализа в полевых условиях. Аварийные разливы сырой нефти и нефтепродуктов, утечки из трубопроводов и накопление нефтешламов в течение десятилетий формируют устойчивые очаги загрязнения почв и поверхностных вод, способные сохранять токсичность на длительный срок. Традиционные методы контроля, основанные на отборе проб и лабораторном анализе, хотя и обеспечивают высокую точность и достоверность, требуют значительного времени и ресурсов, что замедляет принятие оперативных мер по локализации и ликвидации разливов. В то же время спутниковое и беспилотное дистанционное зондирование предоставляет широкий охват и регулярность наблюдений, но не в состоянии фиксировать мелкоочаговые или низко концентрированные участки загрязнения без полевой верификации.

Предлагаемая в работе мультисенсорная система сочетает гиперспектральные и мультиспектральные данные с контактной ИК-спектроскопией на опико-волоконных сенсорах, что позволяет в едином цикле быстро выявлять очаги загрязнения и незамедлительно уточнять их концентрацию. Такое сочетание технологий обеспечивает сокращение интервала времени от момента аварии до принятия управленческих решений до нескольких часов, что повышает эффективность природоохранных мероприятий, снижает экологические риски и экономические затраты на восстановление нарушенных территорий.

с отчётом о заседании 26.09.2025

ФГБОУ ВО "СамГТУ"	
" 26 "	09.2025
Вход. №	5/14

Обоснованность научных положений и выводов

В диссертационной работе Ермакова В.В. детально обоснована цель исследования, которая заключается в разработке многоуровневой мультисенсорной системы для оперативного выявления и количественного анализа нефтезагрязнений земной поверхности.

Для достижения цели был решен ряд задач, которые последовательно структурированы автором и имеют логическую взаимосвязь с пунктами научной новизны и положениями, выносимыми на защиту. Их решение позволило полностью раскрыть цель работы, сформулировать конкретные выводы по результатам исследований, дать обоснованные рекомендации их применения и предложить двухэтапный алгоритм обработки спектральных данных для автоматизированного выявления и верификации очагов загрязнения. Таким образом, основные положения диссертационной работы и выводы являются достаточно обоснованными и доказанными.

Обоснованность научных положений, достоверность выводов и рекомендаций не вызывает сомнений.

Достоверность и обоснованность результатов диссертационной работы

Основные выводы и рекомендации диссертационной работы сформулированы на основании результатов, полученных в ходе проведения научного исследования. Достоверность выполненных автором исследований подтверждается материалами экспериментов, апробацией основных результатов на международных, всероссийских конференциях, семинарах, выставках и в опубликованных научных и методических работах. Сопоставимость данных теоретических, лабораторных и промышленных исследований, применение поверенных приборов также подтверждают достоверность полученных результатов.

Научная новизна

В качестве наиболее существенных новых научных результатов работы можно выделить следующее:

Обоснована и формализована концепция многоуровневой мультисенсорной системы для мониторинга нефтезагрязненных объектов, объединяющая гиперспектральное и мультиспектральное дистанционное зондирование с контактной ИК-спектроскопией на оптико-волоконных сенсорах.

Разработан двухэтапный алгоритм попиксельной кластеризации спектральных изображений, включающий автоматизированную детекцию потенциальных очагов загрязнения и уточняющую верификацию их локализации.

Предложен метод интеграции разноуровневых спектральных данных, обеспечивающий сопряжённую обработку гиперспектральных, мультиспектральных и контактных измерений для повышения чувствительности и точности количественного анализа.

Впервые применена методика DEA-анализа (Data Envelopment Analysis) к результатам мультисенсорного мониторинга для оценки ресурсного потенциала нефтешламонакопителей и формирования рекомендаций по их рекультивации.

Теоретическая и практическая значимость исследований

Обобщена и расширена теория слияния разноуровневых спектральных данных, что позволило разработать новую модель многоканального мониторинга нефтезагрязнённых территорий.

Создана методика полевого контактного ИК-зондирования грунтов без предварительной пробоподготовки на основе матричной регрессии, позволяющая оперативно получать количественные оценки концентрации углеводородов «в полевых условиях».

Предложен интегрированный подход к обработке дистанционных и контактных спектральных измерений, обеспечивающий единую информационную модель для оперативного мониторинга и верификации результатов.

4. Разработана методика предварительной оценки ресурсного потенциала объектов размещения нефтесодержащих отходов имеет важную научно-практическую ценность и должна впоследствии быть включена в соответствующие нормативные документы по эколого-экономической оценки этих объектов и определении места их размещения.

Практическая апробация системы на полигонах Самарской области и совместное внедрение с промышленными партнёрами показала её эффективность в ускорении процесса обнаружения очагов загрязнения и оптимизации природоохранных работ.

Публикация результатов диссертации и их апробация

По материалам диссертации опубликовано 41 работа, в том числе 7 статей в журналах, рекомендованных ВАК РФ и 7 в индексируемых в международных базах цитирования Scopus и Web of Science. По теме диссертации получено 3 свидетельства на интеллектуальную собственность. Практическая значимость основных положений подтверждена актами внедрения. Опубликована 1 монография. Основные результаты работы представлены на международных, всероссийских конференциях и семинарах.

Структура и содержание диссертации

Представленная работа состоит из введения, пяти глав, библиографического списка литературы и приложения: изложена на 238 страницах, включает 63 рисунка, 22 таблицы и список литературы из 325 наименований.

Во вступительной части диссертации Ермакова В.В. чётко обоснованы актуальность исследования, сформулированы цель и задачи, определены объект и предмет, выявлена научная новизна и практическая значимость, а также перечислены ключевые положения, выносимые на защиту.

Первая глава посвящена всестороннему анализу современных методов мониторинга нефтезагрязнений. Раскрыты принципы дистанционного зондирования (спутниковые и авиационные платформы) и контактной спектроскопии, подробно рассмотрены их возможности и ограничения при выявлении очагов углеводородных загрязнений.

Во второй главе изложены методологические основы создания и эксплуатации многоуровневой мультисенсорной системы (ММС) мониторинга для объектов размещения отходов предприятий нефтехимической промышленности и приведена структура ММС. Представлены математические модели распространения оптического сигнала в нефтезагрязнённой среде и разработаны алгоритмы формирования единой аналитической базы.

В третьей главе продемонстрированы практические алгоритмы обработки гипер- и мультиспектральных изображений, дано описание методов поиксельной кластеризации и фильтрации, позволяющих автоматически выделять потенциальные очаги нефтезагрязнений с высокой точностью. При поиске загрязнённых нефтью участков предлагается использовать методы машинного обучения. Представленная классификация объектов размещения нефтяных отходов по возможности применения материалов дистанционного обследования наглядно показывает ограничения использования этих методов.

Четвёртая глава посвящена рассмотрению особенностей применения полевых и лабораторных исследований, осуществляемых в процессе проведения мониторинга окружающей среды на объектах размещения отходов предприятий нефтехимической промышленности. Представлена конструкция портативного ИК-зондового анализатора, описаны лабораторные и полевые испытания, приведены калибровочные зависимости, учитывающие воздействие внешних факторов (влажность, освещённость), и оценена точность получаемых концентраций углеводородов.

Завершающая пятая глава диссертации иллюстрирует применение разработанной системы к оценке нефтешламонакопителей. На основе анализа со-

стояния 69 объектов накопления отходов нефтедобычи показано, как интеграция дистанционных и полевых измерений в рамках DEA-анализа позволяет проводить технико-экономическую экспертизу площадок и вырабатывать обоснованные рекомендации по их рекультивации или вторичному использованию.

В заключении подведены итоги исследования: сформулированы основные научные и практические выводы, подтверждающие эффективность ММС, и обозначены перспективные направления дальнейших исследований, включая расширение спектра детектируемых загрязнителей и адаптацию системы к другим экологическим задачам.

Автореферат диссертации в полной мере соответствует содержанию работы.

Замечания по работе

главление диссертационной работы чересчур детальное!? В разделе 1 выделено 8 подразделов, некоторые из которых (1.1, 1.2 и другие) разделены в оглавлении и тексте на более дробные части. Объем каждой выделенной части занимает 1-2 страницы. Аналогично выполнено оглавление почти по всем разделам работы. Причем выделенные части подразделов не нумеруются в оглавлении и в тексте. Реакционно не понятно такое деление!?

в первом разделе диссертации выполнен достаточно подробный анализ работ, проведенных многочисленными исследователями в течение длительного времени. Это безусловно указывает на актуальность и значимость изучаемой проблемы. Однако следовало бы выделить этапы работ, привести основных ученых и исследователей по каждому этапу и показать полученные ими результаты.

в тексте часто употребляется термин «нагруженные» территории. Общепринятым является понятие «нарушенные» территории, которое также встречается в тексте работы. Остается не ясным в чем разница этих понятий или автор использует их как синонимы?

общеизвестно, что основными функциями мониторинга окружающей среды являются: наблюдение и контроль за изменениями различных процессов и явлений; оценка состояния этих явлений, процессов и в целом окружающей среды; прогнозирование изменений окружающей среды в пространстве и времени; разработка рекомендаций по нейтрализации (предотвращению) возможных негативных последствий, выявленных при прогнозировании. В работе отсутствует строгое описание каждой функции мониторинга окружающей среды и предложений автора по их методическому и технологическому содержанию

и совершенствованию применительно к особенностям изучаемой проблем и регионально-геологическим и зонально-климатическим условиям территорий.

при разработки (построении) математических моделей каких-либо процессов необходимо проводить верификацию, результаты которой позволят оценить точность моделей и достоверность прогнозно-диагностических показателей, полученных при их использовании. Никаких сведений о проведении верификации всех видов моделей, предлагаемых автором, в работе нет.

разделе «Построение регрессионных моделей для определения содержания нефти» не представлены в явном виде (математически) регрессионные модели!? Нет данных о показателях факторов, входящих в модель? Отсутствуют значения объемов выборки, по которой проводилось построение регрессионных уравнений, и показателей, отражающих точность модели (коэффициенты детерминации, корреляции или другие статистические показатели).

Данные замечания не снижают качества представленной диссертационной работы.

Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов

Разработанные и представленные в диссертационной работе подходы, методические разработки и технологические решения могут быть использованы при проведении комплексных экологических обследований нефтезагрязнённых территорий, в системах раннего предупреждения и оперативного реагирования на аварийные разливы, а также при оценке и планировании рекультивационных мероприятий.

Апробация и внедрение результатов диссертационного исследования Ермакова В.В. подтверждают, что автором разработана функциональная многоуровневая мультисенсорная платформа, обеспечивающая сквозную обработку гипер- и мультиспектральных данных в сочетании с полевым ИК-анализом для высокоточного мониторинга и количественной оценки загрязнений.

Заключение

В целом, диссертационная работа Ермакова В.В. на тему: «Разработка и апробация многоуровневой мультисенсорной системы мониторинга нефтезагрязнений земной поверхности» представляет собой завершённое исследование по актуальной тематике, выполненное на современном и высокопрофессиональном уровне, в котором содержится решение научной и одновременно практико-ориентированной проблемы: обеспечения оперативного и точного

выявления нефтезагрязненных территорий, количественной оценки зон углеводородного загрязнения путём интеграции дистанционных гипер- и мультиспектральных данных с полевым спектральным анализом.

По своей актуальности, научной новизне, объёму выполненных исследований и практической значимости полученные результаты полностью соответствуют заявленной научной специальности и удовлетворяют требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям в соответствии с п. 9-14 Положения о порядке присуждения учёных степеней, утверждённым постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013.

Автор работы, Ермаков Василий Васильевич, безусловно заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 1.5.15. Экология.

Официальный оппонент
доктор геолого-минералогических наук,
профессор, заведующий кафедрой
экологии и природопользования,
заслуженный эколог РФ



Экзарьян
Владимир Нишанович

10 сентября 2025 г.

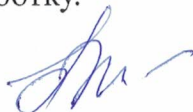
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе» (МГРИ)

Адрес: 117997, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 23.

Тел: +7 (495) 255-15-10, доб. 21-56; e-mail: ekzaryanvn@mgi.ru

Я, Экзарьян Владимир Нишанович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Ермакова Василия Васильевича, и их дальнейшую обработку.

10 сентября 2025 г.



Экзарьян Владимир Нишанович

Подпись зав. кафедры, профессора Экзарьяна Владимира Нишановича заверяю.



НАЧАЛЬНИК ОТДЕЛА
ПО РАБОТЕ С ПЕРСОНАЛОМ
О.О. МЕЛЬНИКОВА

 10.09.2025