Заключение диссертационного совета 6D.KOA-091 при Таджикском техническом университете имени академика М.С.Осими на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.9.6. Экология

Аттестационное дело № ____

Решение диссертационного совета от 10.11.2026 г., № 26

О присуждении Хакдодову Акбарджону Махмадшарифовичу, гражданину Республики Таджикистан, учёной степени кандидата технических наук.

Диссертация на тему «Совершенствование системы экологического мониторинга качества атмосферного воздуха в условиях города Душанбе» по специальности 2.9.6. Экология принята к защите 15.09.2026 г., протокол №15, диссертационным советом 6D.KOA-091 при Таджикском техническом университете имени академика М.С. Осими Министерства образования и науки Республики Таджикистан, 734042, г. Душанбе, проспект академиков Раджабовых 10, (+992-37) 221-35-11, №78/шд от 28.02.2025.

Сведения о соискателе и защите

Соискатель учёной степени Хакдодов Акбарджон Махмадшарифович, 2002 года рождения, в 2023 году окончил Академию управления при Президенте Республики Беларусь. Диплом о высшем образовании за №0024565, выданный Академией управления при Президенте Республики Беларусь от 29 июня 2023 года, регистрационный номер 311-У, решением Агентства по надзору в сфере образования и науки при Президенте Республики Таджикистан №738 от 01 сентября 2023 года приравнен диплому высшего профессионального образования Республики Таджикистан (уровень специалиста) с выдачей Свидетельства об эквивалентности образовательных документов ШБ №0004377, регистрационный номер ОК-М. №847

В 2026 году окончил соискательство при Институте водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана.

Работает специалистом учебно-методического отдела в Филиале национального исследовательского технологического университета МИСИС в городе Душанбе.

Диссертация выполнена в Институте водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана.

Научный руководитель – доктор технических наук, доцент, Амирзода Ориф Хамид, главный научный сотрудник Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана.

Официальные оппоненты:

1) Ахмадзода Матин Зафар - доктор технических наук, первый заместитель директора Агентства по химической, биологической,

радиационной и ядерной безопасности Национальной академии наук Таджикистана;

2) Джурахонзода Рауф Джурахон - доктор философии (PhD), доцент, проректор по международным связям Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Горно-металлургический институт Таджикистана (г. Бустон) в своём положительном заключении, подписанном экспертом Хочиёном М.К, к.т.н., доцентом, Горно-металлургического института Таджикистана, заведующего кафедрой Экологии, указала, что диссертация является завершённой научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная задача совершенствования системы экологического мониторинга атмосферного воздуха г. Душанбе на основе автоматизированной информационной системы, и соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.9.6. Экология.

Соискатель имеет 7 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 7 научных работ и 1 малый патент на изобретение. Из них статей в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК при Президенте Республики Таджикистан, – 4, общим объёмом 2.25 печатного листа, авторским вкладом 75%. Статьи в журналах ВАК занимают 36 страниц, одна из них (4-А) написана без соавторов.

Наиболее значимые работы в рецензируемых изданиях:

1. Хакдод, М. М. Современные научные подходы к решению экологических проблем в условиях Таджикистана / М. М. Хакдод, О. Х. Амирзода, А. М. Хакдодов // Водные ресурсы, энергетика и экология. – 2023. – Т. 3, № 3. – С. 193–200.
2. Хакдодов, А. М. О совершенствовании системы мониторинга качества атмосферного воздуха / А. М. Хакдодов, О. Х. Амирзода, М. М. Хакдод // Водные ресурсы, энергетика и экология. – 2024. – Т. 4, № 1. – С. 132–141.
3. Хакдодов, А. М. Проектирование модели информационной системы экологического мониторинга атмосферного воздуха для города Душанбе / А. М. Хакдодов, О. Х. Амирзода, М. М. Хакдод // Водные ресурсы, энергетика и экология. – 2024. – Т. 4, № 3. – С. 146–153.
4. Хакдодов, А. М. Экспериментальное измерение концентрации PM2.5 на основе применения оптического датчика типа SPS30 / А. М. Хакдодов // Политехнический вестник. Серия: Техника и общество. – 2026. – № 2 (14). – С. 8–17.

5. Хакдодов, А. М. Система экологического мониторинга атмосферного воздуха промышленного региона / А. М. Хакдодов, О. Х. Амирзода, М. М. Хакдод, А. А. Гулахмадзода // Малый патент Республики Таджикистан № TJ 1744 на изобретение, зарегистрирован 16.07.2026 (приоритет 14.10.2025).

На автореферат поступили отзывы:

1. Отзыв Пантелеенко Фёдора Ивановича, доктора технических наук, профессора, члена-корреспондента НАН Беларуси, заслуженного деятеля науки Республики Беларусь, профессора кафедры «Порошковая металлургия, сварка и технология материалов» Белорусского национального технического университета, и **Лазаренкова Александра Михайловича,** доктора технических наук, профессора, профессора кафедры «Охрана труда» Белорусского национального технического университета (Республика Беларусь).

В отзыве отмечены:

- актуальность темы исследования для г. Душанбе;
- систематизация методов расчёта индексов качества воздуха;
- статистический анализ многолетних данных концентраций PM2.5 (2269 наблюдений за 2019–2026 гг.).

Рецензенты также указали на преимущества разработанной архитектуры автоматизированной информационной системы экологического мониторинга:

- интеграция стационарных, мобильных и специализированных источников данных;
- влажностная калибровка оптических датчиков;
- прогнозирование превышений ПДК;
- дополнительный контроль с помощью мобильных датчиков на БПЛА.

Высказанные замечания:

1. Не раскрыто, каким образом модель обеспечивает переход к проактивному управлению экологической ситуацией и какие меры предполагаются при получении прогноза превышения ПДК.
2. Неясно, проводилась ли апробация системы в полевых условиях хотя бы с ограниченным количеством датчиков, или разработка ограничена только моделью.
3. Не приведена оценка ожидаемого экономического, социального или иного эффекта от внедрения разработки в сопоставлении с затратами на её реализацию.

2. Отзыв Гуломовой Гулноры Мухитдиновны, доктора философии (PhD) по химическим наукам, доцента, заведующей кафедрой «Безопасность

жизнедеятельности» Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова (Республика Узбекистан). В отзыве отмечены актуальность темы исследования, научная новизна и практическая значимость предложенной автоматизированной системы экологического мониторинга атмосферного воздуха, объединяющей стационарные и мобильные источники данных, а также использование низкобюджетных оптических датчиков SPS30.

Высказанные замечания:

1. В автореферате отсутствует ориентировочная оценка стоимости развёртывания и эксплуатации предложенной системы мониторинга, что затрудняет обоснование экономической целесообразности её внедрения.
2. Недостаточно рассмотрены организационно-правовые аспекты применения беспилотных летательных аппаратов для обследования зон превышения предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в условиях городской застройки Душанбе.

3. Отзыв Рузиева Дж. Р., доктора технических наук, профессора кафедры прикладной химии химического факультета Таджикского национального университета. В отзыве подчёркиваются актуальность исследования, обоснованность применения оптических датчиков SPS30, достоверность результатов статистического анализа многолетних наблюдений концентраций PM2.5, а также научная и практическая значимость разработанной архитектуры автоматизированной системы экологического мониторинга.

Высказанные замечания:

1. В автореферате не указан источник многолетнего ряда среднесуточных концентраций PM2.5, включающего 2269 наблюдений, а также не пояснены способы обработки пропущенных данных.
2. Не уточнено, какой норматив концентрации PM2.5 – национальная предельно допустимая концентрация или рекомендации Всемирной организации здравоохранения – используется в блоке контроля превышений проектируемой системы.

4. Отзыв Гулаёзова Маджида Шоназаровича, кандидата географических наук, содиректора Научно-исследовательского центра экологии и окружающей среды Центральной Азии (г. Душанбе). Рецензент положительно оценивает научные результаты исследования, включая выявление закономерностей пространственно-временной изменчивости концентраций PM2.5, разработку модульной архитектуры автоматизированной системы экологического мониторинга, алгоритм объединения разнородных данных и практические рекомендации по совершенствованию наблюдательной сети.

Высказвнные замечания:

1. Для ансамбля моделей Random Forest, XGBoost и LSTM в автореферате не приведены показатели точности прогнозирования на тестовой выборке.

1. Недостаточно обоснован выбор технологии блокчейн по сравнению с более простыми средствами обеспечения целостности данных, а также отсутствует оценка затрат на её эксплуатацию.

2. Не рассмотрены правовые ограничения на полёты беспилотных летательных аппаратов над городской территорией Душанбе, способные повлиять на практическую реализацию модуля автоматической отправки дронов.

Общее заключение. Все 4 рецензента положительно оценили автореферат диссертации, отметили её актуальность, научную новизну, практическую значимость и соответствие требованиям ВАК при Президенте Республики Таджикистан. Высказанные замечания носят уточняющий и рекомендательный характер, не снижают общей положительной оценки исследования и не препятствуют присуждению Хакдодову Акбарджону Махмадшарифовичу учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.9.6. Экология.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью в области экологии, экологического мониторинга и охраны атмосферного воздуха, наличием публикаций по специальности 2.9.6. Экология и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

Оценка результатов исследования

Совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана архитектура распределённой информационной системы мониторинга качества атмосферного воздуха (РИСМКАВ) на основе концепции киберфизической системы, включающая модули сенсорного сбора данных, метеорологической информации, базы данных, блокчейн-верификации, прогнозирования, контроля ПДК, смарт-контрактов, уведомлений и отчётности, которая защищена малым патентом Республики Таджикистан № TJ 1744;

предложены алгоритм слияния данных разнородных источников с учётом коэффициента качества данных и коэффициента пространственно-временной релевантности, логика автоматизированного реагирования на превышение ПДК (уведомление, фиксация события, дополнительные измерения мобильными и беспилотными средствами) и метод адаптивного построения маршрута БПЛА по показателю риска;

доказана применимость низкобюджетных оптических датчиков типа SPS30 для измерения PM2.5 в городской среде как вспомогательного средства при среднечасовом усреднении (R^2 = 0,86; RMSE = 3,38 мкг/м³) и влажностной калибровке (R^2 = 0,88; RMSE = 3,05 мкг/м³), а также перспективность интеграции стационарных, мобильных, сенсорных и дистанционных источников данных в единую систему;

введены уточнённая трактовка экологического мониторинга качества атмосферного воздуха как многоуровневого цифрового процесса (сбор, верификация, хранение, анализ, прогнозирование, контроль нормативных превышений, поддержка решений) и понятие гибридного хранения данных с блокчейн-верификацией измерений.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны положения о необходимости перехода от фрагментарных наблюдений стационарных постов к комплексной цифровой системе экологического мониторинга г. Душанбе и о статистических закономерностях загрязнения PM2.5: ненормальность и правосторонняя асимметрия распределения, доминирующая сезонная компонента (37,3 % дисперсии), инерционность (ACF(1)=0,727) и стационарность ряда, создающие основу для краткосрочного прогнозирования на 1–7 суток;

применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс методов: натурные измерения оптическим датчиком SPS30, статистический анализ временных рядов, объектно-ориентированное моделирование на языке UML;

изложены принципы построения интеллектуальной системы мониторинга на основе технологий Индустрии 4.0 (Интернет вещей, сенсорные сети, интеллектуальная обработка данных, ГИС-анализ, блокчейн);

раскрыты организационные, технические и информационно-аналитические ограничения действующей системы мониторинга г. Душанбе: недостаточная пространственно-временная детализация наблюдений и отсутствие развитого прогностического блока;

изучены пространственная, суточная и сезонная изменчивость концентраций PM2.5 и их связь с природно-климатическими и антропогенными факторами: среднее 49,4 мкг/м³ в городской среде против 8,8 мкг/м³ в воздушном бассейне реки Варзоб, рост с 10,2 до 85,4 мкг/м³ в период пылевого вторжения, максимумы в ноябре–январе (до 158,7 мкг/м³ в декабре);

проведена модернизация подходов к прогнозированию загрязнения воздуха за счёт ансамблевой модели (Random Forest, Gradient Boosting, LSTM) с адаптивными весами и алгоритма обнаружения аномалий по прогнозному доверительному интервалу.

Значение полученных соискателем учёной степени результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены методические подходы к организации мониторинга PM2.5, результаты анализа пространственно-временной изменчивости загрязнения и рекомендации по применению сенсорных технологий – в практическую деятельность Управления государственного контроля использования и охраны атмосферного воздуха Комитета по охране окружающей среды при Правительстве РТ (акт о внедрении, 2026 г.); методика оценки концентраций PM2.5 и материалы исследования – в учебный процесс кафедры «Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии» Филиала НИТУ МИСИС в г. Душанбе по дисциплинам «Экология» и «Безопасность жизнедеятельности человека» (акт о внедрении, 2026 г.);

определены условия достоверного применения оптических датчиков – среднечасовое усреднение, влажностная калибровка и периодическая поверка по референсным станциям, а также горизонт краткосрочного прогноза 1–7 суток;

создана проектная модель системы: 4 бизнес-процесса замкнутого цикла управления, 20 функциональных и 7 нефункциональных требований с трассировочной таблицей, диаграммы вариантов использования (9 акторов, 21 вариант), классов (31 класс) и 8 диаграмм последовательности;

представлены 13 интерактивных прототипов пользовательского интерфейса единой цифровой платформы и рекомендации Комитету охраны окружающей среды и Агентству по гидрометеорологии по развитию наблюдательной сети на основе интеграции стационарных постов с сетями низкобюджетных датчиков.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты получены с применением оптического датчика SPS30, погрешность которого оценена по критериям US EPA в сопоставлении с референсными приборами; измерения воспроизведены в различных природно-территориальных и метеорологических условиях (городская среда, долина реки Варзоб, период пылевого вторжения);

теория построена на известных положениях экологического мониторинга, математической статистики и теории информационных систем и согласуется с опубликованными данными о сезонной динамике PM2.5 и роли температурных инверсий;

идея базируется на анализе практики функционирования действующей системы мониторинга г. Душанбе и обобщении международного опыта применения сенсорных сетей и технологий Индустрии 4.0;

использованы сравнения авторских результатов с данными станции наблюдения на территории посольства США в г. Душанбе, Агентства по гидрометеорологии РТ и нормативами ВОЗ;

использованы современные методики сбора и обработки данных: репрезентативная выборка из 2269 наблюдений многолетнего временного ряда, выявление выбросов методом межквартильного размаха (61 выброс, 2,69%), непараметрические статистические критерии и сезонная декомпозиция.

Личный вклад соискателя состоит в постановке научной задачи; анализе теоретических и методических основ экологического мониторинга; проведении натурных измерений PM2.5 и статистической обработке данных; выявлении ограничений существующей системы мониторинга г. Душанбе; разработке архитектуры автоматизированной информационной системы, её функциональных модулей, UML-моделей и прототипов интерфейсов; подготовке основных публикаций и заявки на патент; апробации результатов на международных конференциях (Ташкент, 2024 и 2025; Душанбе, 2025; Минск, 2026) и внедрении результатов.

Решение совета

На заседании 10.11.2026 г. диссертационный совет принял решение присудить **Хакдодову Акбарджону Махмадшарифовичу** учёную степень кандидата технических наук по специальности 2.9.6. Экология.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 10 человек, из них 3 докторов наук по специальности 2.9.6. Экология, участвовавших в заседании, из 10 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 10, против – нет, недействительных бюллетеней - нет.

Зам. председатель диссертационного совета
6D.KOA-091, д.т.н., доцент Сайдализода А.С.

Ученый секретарь диссертационного совета
6D.KOA-091, к.т.н. Бобоев Х.Б.

Подписи д.т.н., доцента Сайдализода А.С. и к.т.н. Бобоева Х.Б. - ***заверяю.***

Начальник УКиСР ТТУ им. акад. М.С. Осими Кодирзода Н.Х.

М.П.

РЕШЕНИЕ

заседания диссертационного совета 6D.KOA-091 при Таджикском техническом университете им. академика М.С. Осими

Диссертационный совет 6D.KOA-091, заслушав и обсудив диссертационную работу Хакдодова Акбаржона Махмадшарифовича на тему «Совершенствование системы экологического мониторинга качества атмосферного воздуха в условиях г. Душанбе» на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.9. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (2.9.6. Экология), отзыв ведущей организации - Горно-металлургический институт Таджикистана, отзыв первого оппонента - Ахмадзода Матин Зафар - доктор технических наук, первый заместитель директора Агентства по химической, биологической, радиационной и ядерной безопасности Национальной академии наук Таджикистана, отзыв второго оппонента - Джурахонзода Рауф Джурахон - доктор философии (PhD), доцент, проректор по международным связям Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими, другие отзывы на автореферат, выступления специалистов по теме рассматриваемой диссертации: д.физ-мат.н., профессор Абдуллозода С.Ф.; д.т.н. Гулахмадзода А.А.; д.т.н., профессор Хасанзода Н.М.; д.т.н., доцент Гулахмадов Х.Ш.; д.т.н., доцент Сайдализода А.С. и диссертационный совет на основании результатов тайного голосования, заключения со стороны членов диссертационного совета и заключения, принятого членами диссертационного совета о достоверности, научной новизне, значимости и выводах диссертации, а также результатах опубликованных работ по теме диссертации

ПОСТАНОВЛЯЕТ:

1. Диссертационная работа Хакдодова Акбаржона Махмадшарифовича на тему «Совершенствование системы экологического мониторинга качества атмосферного воздуха в условиях г. Душанбе» на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.9. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (2.9.6. Экология), отвечает требованиям Приложение 2 «Порядке присуждения учёных степеней» утверждённого постановлением Правительства Республики Таджикистан от 28 августа 2026 года № 591 к кандидатским диссертациям.

2. Автореферат диссертации и публикации автора полностью отражают содержание исследования.

3. Присудить соискателю Хакдодова Акбаржона Махмадшарифовича учёную степень кандидата технических наук по специальности 2.9.6. Экология.

4. Ходатайствовать перед ВАК при Президенте Республики Таджикистан о выдаче Хакдодову Акбаржону Махмадшарифовичу диплома кандидата технических наук по специальности 2.9. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (2.9.6. Экология).

Кто за принятие решения диссертационного совета, прошу голосовать. Против? – нет. Воздержавшиеся? – нет.

Принято единогласно.

Зам. председатель диссертационного совета
6D.KOA-091, д.т.н., доцент Сайдализода А.С.

Ученый секретарь диссертационного совета
6D.KOA-091, к.т.н. Бобоев Х.Б.

*Подписи д.т.н., доцента Сайдализода А.С. и к.т.н. Бобоева Х.Б.- **заверяю.***

Начальник УКиСР ТТУ им. акад. М.С. Осими Кодирзода Н.Х.