В диссертационный совет 6D.KOA-091
при Таджикском техническом
университете имени академика М.С.Осими

«УТВЕРЖДАЮ»
Ректор Горно-металлургического
института Таджикистана
_____ к.т.н., доцент Давлатзода Д.С.
«19» 10 2026 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертацию **Хакдодова Акбарджона Махмадшарифовича** на тему **«Совершенствование системы экологического мониторинга качества атмосферного воздуха в условиях города Душанбе»**, представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.9.6. Экология.

Соответствие темы и содержания диссертации паспорту научной специальности. Тема и содержание диссертационной работы соответствуют специальности 2.9.6.Экология по которой диссертационной совет 6D.KOA-091 при Таджикском техническом университете имени академика М.С.Осими осуществляет приём, рассмотрение и защиту диссертаций. Содержание диссертации соответствует паспорту научной специальности 2.9.6. Экология, в том числе следующим направлениям: п.3.8. Разработка и совершенствование системы экологического мониторинга и контроля на транспорте; п.3.9. Научные основы управления антропогенным воздействием объектов транспорта на основе информационных систем; п.4.3. Принципы и механизмы системного экологического мониторинга, аналитического контроля в отраслях промышленности; п.4.8. Информационные технологии, как инструмент достижения экологической и экономической эффективности работы предприятий отраслей промышленности.

Диссертационная работа посвящена научному обоснованию совершенствования системы экологического мониторинга качества атмосферного воздуха на основе проектирования автоматизированной информационно-аналитической системы. В работе уточнено понимание

мониторинга как информационно-аналитического процесса, в котором измерение загрязняющих веществ является только одним из этапов более сложной системы экологической оценки, прогнозирования и поддержки управленческих решений. Разработанная архитектура может быть использована как методическая основа для дальнейших исследований в области интеллектуального экологического мониторинга, цифровых платформ наблюдения за качеством воздуха и систем прогнозирования экологических рисков.

Актуальность темы исследования. Актуальность темы не вызывает сомнений. Загрязнение атмосферного воздуха отнесено Всемирной организацией здравоохранения к числу наиболее серьёзных экологических угроз, а ведущим загрязнителем воздушного бассейна города Душанбе выступают мелкодисперсные частицы PM2.5. Расположение города в межгорной котловине, слабый ветровой режим и температурные инверсии холодного периода обусловливают неблагоприятные условия рассеивания примесей. Традиционная система наблюдений на основе ограниченного числа стационарных постов не обеспечивает необходимой пространственно-временной детализации и оперативности оценки, что определяет необходимость перехода к интеллектуальным автоматизированным системам мониторинга. Значимость темы усиливается её соответствием Государственной экологической программе Республики Таджикистан на 2023–2028 годы и государственным приоритетам развития цифровой экономики и инноваций. С позиции ведущей организации отдельную актуальность приобретает возможность применения предложенных решений для контроля состояния атмосферного воздуха в промышленных и горнопромышленных районах.

Степень обоснованности научных положений, выводов и предложений, приведённых в диссертации. Научные положения, выводы и предложения диссертации являются достаточно обоснованными. Они опираются на систематизацию современных подходов к экологическому мониторингу, результаты натурных экспериментов и статистическую обработку многолетнего временного ряда концентраций PM2.5 объёмом 2269 наблюдений, а также на признанные методические положения в области охраны атмосферного воздуха. Выносимые на защиту положения – обоснование необходимости совершенствования системы мониторинга,

результаты экспериментального обоснования применимости оптических датчиков и проект автоматизированной информационной системы –логически связаны между собой и подтверждаются фактическим материалом. Обоснованность проектных решений обеспечивается внутренней согласованностью функциональных модулей системы и её формализацией средствами унифицированного языка моделирования.

Научная новизна исследования и достоверность полученных результатов. Научная новизна работы является достаточной для кандидатской диссертации и подтверждается малым патентом Республики Таджикистан на изобретение. К новым результатам относятся уточнение структуры современной системы экологического мониторинга как многоуровневого цифрового процесса; метрологически обоснованная оценка пригодности низкобюджетных оптических датчиков для измерения PM2.5 с построением калибровочной модели, учитывающей относительную влажность; разработка модульной архитектуры автоматизированной информационной системы с блокчейн-верификацией данных, прогнозированием, контролем ПДК и смарт-контрактами; а также алгоритм слияния данных разнородных источников с учётом коэффициентов качества и пространственно-временной релевантности. Достоверность результатов обеспечивается корректным применением научно обоснованных методов анализа и подтверждается согласованностью теоретических положений с данными натурных наблюдений.

Научное, практическое, экономическое и социальное значение результатов диссертации. Научное значение работы состоит в уточнении понимания мониторинга как информационно-аналитического процесса и в создании методической и архитектурной основы интеллектуального экологического мониторинга. Практическое значение определяется возможностью применения полученных результатов при совершенствовании системы мониторинга качества атмосферного воздуха города Душанбе и других территорий со сходными природно-климатическими и инфраструктурными условиями, включая промышленные районы. Экономическое значение связано с применением недорогих измерительных средств и модульным построением системы, что позволяет создавать распределённые сети наблюдения в условиях ограниченного финансирования. Социальное значение работы заключается в защите здоровья населения и

обеспечении доступа граждан к достоверной информации о состоянии воздушной среды. Для ведущей организации существенна образовательная значимость результатов, которые могут быть использованы при подготовке специалистов в области экологии и безопасности жизнедеятельности.

Степень достоверности результатов исследования и их обоснованность. Достоверность результатов обеспечивается репрезентативностью экспериментальных данных, применением корректных статистических методов (метод межквартильного размаха для выявления выбросов, автокорреляционный анализ, расширенный тест Дики–Фуллера, сезонная декомпозиция ряда), а также оценкой пригодности измерительного оборудования по признанным критериям Агентства по охране окружающей среды США. Установлено, что достоверные результаты достигаются при среднечасовом усреднении данных, а учёт относительной влажности в калибровочной модели дополнительно повышает точность измерений. Достоверность проектных решений подтверждается их внутренней согласованностью и возможностью практической реализации с использованием современных информационных технологий.

Практическое применение результатов и экономическая эффективность. Разработанная архитектура распределённой информационной системы мониторинга (РИСМКАВ) и комплект проектной документации (требования, трассировочная таблица, диаграммы классов и последовательности, прототипы интерфейсов) могут быть использованы при программной реализации городской автоматизированной системы экологического мониторинга, а также при создании городских экологических панелей и внедрении сенсорных сетей. Соответствующие рекомендации адресованы Комитету охраны окружающей среды при Правительстве Республики Таджикистан и Агентству по гидрометеорологии. Экономическая эффективность решения обеспечивается модульностью, масштабируемостью и применением низкобюджетных датчиков при обязательном среднечасовом усреднении, влажностной калибровке и периодической поверке по референсным станциям.

Личный вклад автора в исследование. Личный вклад соискателя является определяющим и заключается в постановке научной задачи, анализе теоретических и методических основ экологического мониторинга, изучении состояния воздушной среды города Душанбе, выявлении ограничений

действующей системы мониторинга, проведении натурных экспериментов и статистического анализа, разработке архитектуры автоматизированной информационной системы, определении состава её функциональных модулей, разработке прототипов интерфейсов и формировании практических рекомендаций. Автором подготовлены научные публикации и обеспечена апробация результатов на научно-практических мероприятиях.

Публикация научных результатов в рецензируемых журналах и их соответствие. По теме диссертации опубликовано 7 научных работ, в том числе 4 статьи в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Президенте Республики Таджикистан, и 3 публикации в материалах международных и республиканских научно-практических конференций; получен малый патент Республики Таджикистан на изобретение. Результаты работы апробированы на научных мероприятиях в городах Ташкент, Душанбе и Минск. Количество, уровень и содержание публикаций соответствуют требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, и отражают основные результаты исследования.

Оценка содержания диссертации и её полноты. Структура и объём диссертации. Диссертация состоит из введения, трёх глав, заключения, рекомендаций по практическому использованию результатов и списка использованной литературы. Общий объём составляет 161 страницу машинописного текста; работа содержит 55 рисунков и 30 таблиц, список литературы включает 210 наименований. Содержание работы полно раскрывает поставленную цель, структура логична, а последовательность изложения соответствует решаемым задачам.

Во введении обоснована актуальность темы, охарактеризована степень её научной разработанности, сформулированы цель и задачи, определены объект и предмет исследования, изложены научная новизна, положения, выносимые на защиту, теоретическая и практическая значимость, а также сведения о личном вкладе соискателя, апробации и публикациях.

В первой главе изложены теоретико-методические основы мониторинга качества атмосферного воздуха и выполнен анализ экологической обстановки города Душанбе: систематизированы методы и средства измерения концентраций загрязняющих веществ, проанализированы методики расчёта индексов качества воздуха, охарактеризованы природно-

климатические и антропогенные факторы формирования загрязнения и выявлены ограничения действующей системы мониторинга.

Во второй главе представлены экспериментальные исследования и статистический анализ загрязнения атмосферного воздуха мелкодисперсными частицами PM2.5: обоснован выбор оптического датчика SPS30, выполнены натурные измерения в различных природно-территориальных и метеорологических условиях, проведён статистический анализ многолетнего временного ряда, установивший высокий уровень загрязнения, доминирующую роль сезонной компоненты и инерционный характер загрязнения.

В третьей главе разработаны архитектура и проектные решения автоматизированной информационной системы мониторинга: построена архитектурная модель распределённой системы на основе киберфизической концепции, предложено алгоритмическое обеспечение (прогнозирование, слияние данных, блокчейн-верификация, автоматизированное реагирование), разработаны функциональная, объектная и динамическая модели, выполнено прототипирование пользовательских интерфейсов и оценён ожидаемый эффект внедрения системы.

Заключение адекватно отражает содержание работы и её научную новизну; сформулированные выводы соответствуют поставленным задачам, а рекомендации по практическому использованию результатов имеют конкретный адресный характер.

Соответствие оформления диссертации действующим требованиям. Оформление диссертации в целом соответствует действующим требованиям. Работа написана научным языком, снабжена необходимым иллюстративным и табличным материалом, библиографические ссылки оформлены единообразно.

Соответствие научной квалификации соискателя искомой учёной степени. Научная квалификация соискателя соответствует искомой учёной степени кандидата технических наук. Соискатель владеет методами научного исследования, современными информационными технологиями и методическим аппаратом экологического мониторинга, что подтверждается содержанием диссертации, публикациями и результатами апробации.

Автореферат диссертации составлен на основе диссертации, соответствует её содержанию и требованиям к оформлению и полностью отражает основные результаты, выводы и положения, выносимые на защиту.

Замечания. Наряду с положительной оценкой работы следует отметить следующие замечания:

1. Исследование выполнено применительно к условиям городской среды, т.е. вопросы адаптации предложенной архитектуры к мониторингу атмосферного воздуха в зонах размещения горнодобывающих и металлургических предприятий, характеризующихся специфическим спектром загрязнителей (пылевые фракции, диоксид серы, оксиды азота, тяжёлые металлы), раскрыты недостаточно.

2. Экономическая эффективность внедрения системы обоснована преимущественно качественно. Целесообразно было бы привести технико-экономическую оценку развёртывания распределённой сети (ориентировочную стоимость оборудования, сопоставление с затратами на стационарные посты) и расчёт ожидаемого эффекта.

3. Экспериментальная верификация и калибровка выполнены применительно к частицам PM2.5, тогда как распространение подхода на другие приоритетные загрязнители дано преимущественно в постановочном плане.

Указанные замечания носят частный характер, не снижают общей положительной оценки работы и не влияют на её теоретическое и практическое значение.

Общее заключение

Диссертационная работа **Хакдодова Акбарджона Махмадшарифовича** на тему **«Совершенствование системы экологического мониторинга качества атмосферного воздуха в условиях города Душанбе»,** представленная на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.9.6. Экология, выполнена на требуемом научном уровне и по содержанию соответствует существующим требованиям.

Диссертация соответствует требованиям Высшей аттестационной комиссии при Президенте Республики Таджикистан, предъявляемым к кандидатским диссертациям, и её автор, **Хакдодов Акбарджон Махмадшарифович**, достоин присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.9.6. Экология.

Отзыв ведущей организации подготовлен и представлен в соответствии с пунктами 72, 74 и 76 Порядка присуждения учёных степеней, утвержденного постановлением Правительством Республики Таджикистан от «28» августа 2026 года, №591.

Отзыв подготовлен кандидатом технических наук, доцентом, заведующим кафедры Экологии Горно-металлургического института Таджикистана Хочиён М.К.

Отзыв обсуждён и утверждён на расширенном заседании кафедры Экологии Горно-металлургического института Таджикистана (протокол № 2[а] от 15.10.2026 г.).

На расширенном заседании кафедры присутствовало: 14 человек.

Результаты голосования: за - 14 человек, против - 0 человек, воздержались - 0 человек.

Председатель заседания
д.т.н., профессор кафедры Экология Разыков З.А.

Эксперт
к.т.н., доцент, заведующий
кафедры Экология Хочиён М.К.

Научный секретарь заседания
к.т.н., доцент кафедры Экология Ходжибаев Д.Д.

Подписи Разыкова З.А., Хочиёна М.К. и Ходжибаева Д.Д. заверяю:

Начальник управления кадров и специальных работ

Горно-металлургического

института Таджикистана Муминова Д.М.

Юридический адрес ведущей организации:
индекс 735730, Республика Таджикистан,
город Бустон, улица А.Баротов, 6
Тел./Факс: +992(3451) 5-01-75, +992 (3451) 5-06-34
E-mail: gmit_tajikistan@mail.ru;
официальный сайт: www.gmit.tj
«__15__» ___10___ 2026 г.