

На правах рукописи

Калюжин Александр Сергеевич

**Гигиеническое обоснование применения обзорного термографирования как метода
оценки качества воды водисточников**

3.2.1. Гигиена

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата медицинских наук

Волгоград – 2025

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Волгоградский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Научный руководитель:

доктор медицинский наук, профессор

Латышевская Наталья Ивановна

Официальные оппоненты:

Дементьев Алексей Александрович – доктор медицинских наук, доцент, заведующий кафедрой общей гигиены, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный медицинский университет имени И.П. Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Масленников Александр Александрович – доктор биологических наук, заведующий лабораторией экологической токсикологии, федеральное государственное унитарное предприятие «Научно-исследовательский институт гигиены, токсикологии и профпатологии» Федерального медико-биологического агентства

Ведущая организация – федеральное бюджетное учреждение науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья»

Защита диссертации состоится « _____ » _____ 20__ г. в _____ часов на заседании диссертационного совета 21.2.005.06 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (400066, г. Волгоград, пл. Павших борцов, д.1)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации по адресу: 400066, Россия, г. Волгоград, пл. Павших Борцов, д. 1 и на сайте <http://www.volgmed.ru>.

Автореферат разослан « _____ » _____ 2025 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета 21.2.005.06,
доктор биологических наук, доцент

Севрюкова Галина Александровна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Обеспечение санитарно-эпидемиологической безопасности поверхностных водных объектов в условиях усиливающейся урбанизации, климатических изменений и роста техногенной нагрузки остается ключевым направлением деятельности Роспотребнадзора в сфере санитарной охраны окружающей среды. Действующие стратегические документы РФ ориентируют Федеральную службу по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека на внедрение инновационных методов мониторинга.

Согласно данным эпидемиологических наблюдений (Артемова Т.З. и соавт., 2006; Губернаторова В.В., 2007; Ефимов А.К., 2007; Борзунова Е.А., 2007) и микробиологических исследований (Кириянов Д.А., 2017; Костарев В.Г., 2019; Журавлев П.В., 2022), проблема носит антропогенный характер и связана с несанкционированными или плохо очищенными сбросами сточных вод, формирующими устойчивые очаги микробного загрязнения с высоким эпидемиологическим риском.

Традиционные лабораторные методы, основанные на выборочном отборе и анализе проб воды, являются высокоточными, но ограничены по территориальному охвату, скорости получения результатов и чувствительности к несанкционированным, неорганизованным источникам загрязнения. В этой связи возрастающую значимость приобретают дистанционные методы экологического мониторинга, среди которых обзорное инфракрасное (ИК) термографирование рассматривается как перспективный инструмент оперативной визуализации тепловых аномалий, связанных с поступлением сточных вод. Эффективность обзорной ИК-термографии для водного мониторинга показана в работах USGS (2017), Sullivan (2018) и Sohrabi (2019).

В научной литературе рассматривается потенциал ИК-термографии как экспресс-метода первичной локализации участков с аномальными физико-химическими и биологическими характеристиками, требующих последующей верификации с использованием санитарно-бактериологического мониторинга (Sanborn et al., 2020). Такая комбинация позволяет не только оперативно фиксировать признаки сброса, но и установить их этиологическую значимость в контексте санитарного законодательства.

Для пространственной интерпретации и цифровой интеграции данных все шире используются геоинформационные технологии. Применение ГИС-платформ (в частности, ArcGIS, разработанной под руководством Jack Dangermond, 2010–2020) позволяет осуществлять картографирование очагов загрязнения, моделировать распространение микробиологической нагрузки и прогнозировать санитарные риски. Эффективность интеграции ГИС в санитарную практику демонстрируется также в работах российских специалистов (Гречищева А.В. (2021); Журкиной И.Г. 2020; Затыгаловой В.В. 2019; Кондратьева К.Я. 2018; Майорова А.А. 2020), а

также в обобщенных трудах Биденко С.И. (2019), Берлянта А.М. (2018), Тикунова В.С. (2017), Кошкарева А.В. (2020).

Степень разработанности темы исследования. Проблема качества воды в поверхностных водных объектах, расположенных в районе городской агломерации, включая микробное загрязнение поверхностных вод и его санитарно-эпидемиологические последствия, отражена в ряде исследований. В работах Д.А. Кирьянова (2017), В.Г. Костарева (2019), П.В. Журавлёва (2022) описаны структура водной микрофлоры и устойчивость патогенных форм, включая штаммы с множественной лекарственной устойчивостью.

Санитарные правила и нормы (СанПиН 1.2.3685-21; 2.1.3684-21) остаются эффективными для контроля при устойчивых точечных стоках; при диффузных и интермиттирующих поступлениях их информативность ограничена – точечные пробы могут не фиксировать кратковременные пики, а стандартные индикаторы дают меньше сведений о происхождении и давности загрязнения.

В зарубежных исследованиях (USGS, 2017; Sullivan et al., 2018; Sanborn et al., 2020) ИК-термографирование подробно изучено как метод дистанционного контроля поверхностных вод, однако в отечественной санитарной практике его применение остается эпизодическим и, в основном, ограничивается инженерно-техническими задачами.

Применение ГИС в санитарной практике получило развитие в работах J. Dangermond, А.В. Гречищевой (2021), И.Г. Журкиной (2020), К.Я. Кондратьева (2018), А.А. Майоровой (2020) и др. Обобщенные теоретические основы пространственного анализа и экосистемного моделирования представлены у А.М. Берлянта (2018), В.С. Тикунова (2017), А.В. Кошкарева (2020), В.И. Данилова-Данильяна (2013), И.С. Кончина (2016), Ю.М. Свирежева (2015), О.И. Ларичева (2012). Вместе с тем, вопросы интеграции термографических, бактериологических и геоинформационных данных в рамках единой системы гигиенического мониторинга пока не получили достаточной степени научной и методологической проработки. Настоящее исследование направлено на развитие данного направления и формирование комплексного подхода к оценке санитарного состояния поверхностных вод.

Цель исследования – гигиеническое обоснование и разработка метода оценки качества поверхностных вод с применением обзорного инфракрасного термографирования, санитарно-бактериологических показателей и геоинформационного анализа.

Задачи исследования.

1. Дать гигиеническую характеристику поверхностных водных объектов г. Ростов-на-Дону с учетом интенсивности антропогенной нагрузки, условий водопользования и санитарной охраны прибрежных территорий.

2. Оценить возможности применения инфракрасного термографирования для выявления тепловых аномалий, потенциально связанных с поступлением сточных вод, и определить его информативность в системе социально-гигиенического мониторинга.

3. Провести санитарно-бактериологическую верификацию выявленных тепловизионных аномалий, установить корреляционные связи между температурными отклонениями и показателями микробиологического загрязнения воды.

4. Выявить зоны повышенного санитарного риска и разработать ГИС-ориентированный алгоритм дистанционной гигиенической оценки качества воды.

5. Сформировать комплексную интегрированную систему мониторинга, объединяющую данные дистанционной термографии с геоинформационной системой и результатами санитарно-бактериологического контроля, для оценки эпидемиологического риска.

Научная новизна. Впервые обоснована интегрированная система экспресс-мониторинга поверхностных вод, основанная на сочетании дистанционной ИК-термографии, санитарно-бактериологического контроля и ГИС-анализа. Разработан оригинальный метод обнаружения несанкционированных сбросов по локальным тепловым градиентам $\Delta T > 3^\circ\text{C}$. Получены новые данные о закономерностях изменения санитарно-бактериологических показателей и распространения микробного загрязнения в поверхностных водных объектах под воздействием техногенных тепловых аномалий. Установлена значимая корреляция ($r \geq 0,7$; $p < 0,01$) между указанными аномалиями и превышениями нормативов по ОКБ, *E. coli* и *Enterococcus spp.*, что подтверждает целесообразность использования термографических показателей в качестве раннего сигнального индикатора эпидемиологически опасного состояния водоемов. На этой основе разработана риск-ориентированная модель санитарно-эпидемиологического надзора за качеством воды водоисточников, обеспечивающая прогнозирование очагов бактериального загрязнения и оптимизацию программ лабораторного контроля.

Теоретическая и практическая значимость. Разработана и обоснована концепция интегрированного мониторинга качества поверхностных вод, основанная на сочетании дистанционной ИК-съемки, санитарно-бактериологического контроля и ГИС-анализа. Сформирован риск-ориентированный подход, позволяющий устанавливать причинно-следственные связи между тепловыми аномалиями водной среды и микробиологическими показателями загрязнения.

Полученные результаты обеспечивают повышение оперативности и точности выявления зон несанкционированных сбросов сточных вод. Применение тепловизионной съемки способствует раннему обнаружению неблагополучных участков, а ранжирование санитарно-бактериологического риска по створам р. Дон и р. Темерник позволяет целенаправленно

планировать профилактические мероприятия и совершенствовать нормативную базу социально-гигиенического мониторинга.

Связь с планом научно-исследовательских работ университета и отраслевыми программами. Работа выполнена в соответствии с целями Концепции научного обеспечения органов и организаций Роспотребнадзора 2021-2025 гг., утвержденной приказом руководителя Роспотребнадзора от 24.12.2020 № 869, в рамках реализации отраслевой программы «Научное обеспечение эпидемиологического надзора и санитарной охраны территории Российской Федерации. Создание новых технологий, средств и методов контроля и профилактики инфекционных и паразитарных болезней» по теме НИР «Совершенствование санитарно-эпидемиологического мониторинга бактериального загрязнения водных объектов с целью управления рисками здоровью человека с применением информационно-аналитических программ на основе геоинформационных систем» (номер регистрации 121022600157-7 от 14.01.2021).

Методология и методы исследования. Диссертационное исследование построено в соответствии с поставленной целью, учитывая результаты обзора научной литературы по теме диссертации. Для достижения цели и решения сформулированных задач использованы общенаучные подходы и современные методы исследования: гигиенические, термографические, санитарно-бактериологические, статистические и геоинформационно-аналитические. Комплексная организация исследования (от сбора полевых данных до лабораторного эксперимента и математического моделирования) обеспечила всестороннее рассмотрение поставленных задач.

Положения, выносимые на защиту.

1. Качество воды на участке нижнего течения р. Дон, включая устье р. Темерник, стабильно оценивается как неблагоприятное: доля проб, не соответствующих гигиеническим нормативам, достигает 77% (по микробиологическим показателям), что подтверждает высокую эпидемиологическую опасность рассматриваемого водоисточника.

2. Обоснованы критерии экспресс-идентификации вероятных очагов загрязнения по тепловым аномалиям воды. Превышение градиента температуры $\Delta T > 3^\circ\text{C}$ надежно индицирует зоны поступления загрязненных сточных вод и сопряжено с превышениями нормативов по ОКБ, *E. coli* и кишечным *Enterococcus spp.*

3. Разработана и научно обоснована концепция интегрированной термографо-бактериологической системы мониторинга (ИТЬ-ГИС) качества поверхностных вод, объединяющей инфракрасную съемку акваторий с результатами санитарно-бактериологических исследований в геоинформационной системе.

Личный вклад автора в исследование. Диссертантом сформулированы цель и задачи, разработана программа проведения гигиенических, термографических и бактериологических исследований. Автором самостоятельно проанализирована отечественная и зарубежная литература по теме работы, а также подготовлена рукопись диссертации. Диссертант обобщил, проанализировал и интерпретировал полученные данные, выделив ключевые моменты и сформулировав основные положения, выводы и практические рекомендации. Доля личного вклада в организацию и проведение диссертационного исследования, включая сбор и обработку первичных данных, их анализ, подготовку публикаций, составила 92%.

Внедрение результатов исследования в практику. Основные положения диссертационной работы нашли отражение:

– в результате интеллектуальной деятельности (РИД) в разработке и утверждении программы (№ 2023660238) для ЭВМ по расчету наиболее вероятного числа (НВЧ) санитарно-показательных микроорганизмов с интеграцией в базу данных PostgreSQL (акт внедрения: ФБУН РостовНИИМП Роспотребнадзора от 03.07.2023; ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора от 10.07.2024);

– в РИД в разработке и внедрении способа (№ 2024109035) и схемы (№ 2024501427) по обнаружению несанкционированного сброса сточных вод на основе тепловизионной съемки; утверждены к практическому применению в ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора (акт внедрения от 12.02.2025 г.);

– в проекте методических указаний МУ «Санитарная оценка водных объектов и почвы при регистрационных испытаниях пестицидов, предназначенных для применения в сельском, лесном, коммунальном и личном подсобном хозяйстве». Экспертное заключение ФБУЗ «ФЦГиЭ» Роспотребнадзора от 28.03.2025 г., протокол Учёного совета ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» № 7 от 17.06.2025; направлен в Федеральную службу по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека.

Полученные результаты используются в учебном процессе на кафедре общей гигиены и экологии ФГБОУ ВолгГМУ Минздрава России в ходе проведения семинарских занятий на фармацевтическом факультете, а также включены в лекционный курс для студентов лечебного факультета (акт внедрения от 29.08.2025г.).

Апробация результатов проведена на расширенном заседании Проблемной комиссии «Физиология. Гигиена. Медицинская биология. Микробиология. Медицина и спорт», кафедр общей гигиены и экологии и нормальной физиологии ВолгГМУ (Протокол № 5 от 24.06.2025г.).

Степень достоверности и апробация результатов исследования. Достоверность результатов исследования, основных положений, выводов и рекомендаций определены

всесторонним аналитическим обобщением исследований по представленной проблеме, детальными изучением и оценкой ранее опубликованных результатов. Организация и проведение диссертационного исследования одобрены локальным этическим комитетом при ФГБОУ ВО ВолгГМУ Минздрава России.

Результаты исследования доложены на: Всероссийской научно-практической интернет-конференции молодых ученых и специалистов Роспотребнадзора с международным участием «Фундаментальные и прикладные аспекты анализа риска здоровью населения – 2022» (Пермь, 2022); Международной научно-практической конференции «Здоровье и окружающая среда» (Минск, 2023); Всероссийском научном конгрессе «Эрисмановские чтения – 2023» (Мытищи, 2023), Региональной научно-практической конференции для аспирантов и соискателей «Аспирантские чтения» (Волгоград, 2024), Региональной научно-практической конференции для аспирантов и соискателей «Аспирантские чтения» (Волгоград, 2025) и др.

Реализация результатов исследования. Реализация результатов диссертации выражается в их использовании при разработке нормативно-методических документов и управленческих решений в сфере гигиены окружающей среды, а также в создании объектов интеллектуальной собственности. На основе проведенного исследования подготовлен проект методических рекомендаций Роспотребнадзора по применению дистанционной инфракрасной термографии в санитарно-гигиеническом мониторинге водных объектов. Кроме того, результаты легли в основу улучшения региональной программы мониторинга качества воды: в отчетные документы НИР ФБУН РостовНИИ микробиологии и паразитологии Роспотребнадзора (2022-2023 гг.)

В рамках диссертации получено ряд свидетельств о государственной регистрации интеллектуальных прав. Так помимо патента РФ №2831517 на способ обнаружения сбросов сточных вод, оформлено свидетельство на базу данных ГИС.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности. Содержание и результаты представленной диссертации полностью соответствуют паспорту научной специальности 3.2.1 – Гигиена, пункты 3, 10.

Объем и структура диссертации. Работа состоит из введения, пяти глав, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка сокращений, списка литературы и приложений. Полный объем диссертации составляет 284 страницы машинописного текста, иллюстрированного 41 таблицей и 14 рисунками. Работа содержит 21 приложение. Список использованной литературы включает 267 источников, в том числе 172 научных труда отечественных автор и 61 научную работу зарубежных авторов.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 12 печатных работ, в том числе 2 статьи в рецензируемых изданиях из перечня ВАК Минобрнауки РФ и 1 статья в зарубежном издании,

индексируемом в международных базах данных; зарегистрированы 1 свидетельство о госрегистрации программы для ЭВМ и 1 свидетельство о госрегистрации базы данных; получено 4 патента (1 на изобретение и 3 на промышленные образцы).

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение отражает актуальность, цель, задачи, степень разработанности исследования, показаны научная новизна, теоретическая и практическая значимость, степень достоверности и результаты апробации исследования, представлены личный вклад автора, публикации.

В главе 1 «Обзор литературы» представлен систематизированный анализ отечественных и зарубежных публикаций, отражающих современное состояние проблемы санитарно-гигиенической оценки качества поверхностных вод в условиях техногенной нагрузки и климатических изменений. Показано, что традиционные методы лабораторного контроля, основанные на выборочном отборе проб, обладают высокой точностью, но ограничены по пространственному охвату, скорости получения результатов и чувствительности к несанкционированным источникам загрязнения, так как не регистрируют кратковременные импульсные выбросы сточных вод.

Рассмотрены современные тенденции изменения качества поверхностных вод под влиянием природных и антропогенных факторов, вопросы трансграничного водопользования и санитарно-эпидемиологических последствий загрязнения водоемов. Проанализированы детерминанты риска для здоровья населения, обусловленные микробиологическим (Москвитина Э. А., и др., 2019, Недачин А. Е., и др., 2015, Ezzati M., и др., 2018) и химическим (Красовский Г.Н., и др., 2015; Сеницына О.О., и др., 2022; Турбинский В.В., и др., 2023) загрязнением. Представлены данные о циркуляции патогенных микроорганизмов, включая резистентные к антибиотикам штаммы, как индикаторов санитарного неблагополучия. Обоснована значимость применения геоинформационных систем и термографического мониторинга для повышения эффективности санитарного надзора и оперативной идентификации участков с признаками нарушения санитарного состояния поверхностных водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.

Глава 2 Организация, объем и методы исследований. Исследование проведено в 2021-2025 гг. на базе ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздрава России и ФБУН «Ростовский научно-исследовательский институт микробиологии и паразитологии» Роспотребнадзора (НИР № 121022600157-7). Объектами являлись участки рек Дон и Темерник в пределах г. Ростова-на-Дону, включающие зоны питьевого и рекреационного водопользования, а также потенциальные участки сброса хозяйственно-бытовых сточных вод.

Программа включала комплекс гигиенических, микробиологических, статистических и технических методов, которые обеспечивали реализацию экспериментальных и натуральных исследований:

Обзорная ИК-термография. Проведено 1060 термографических обследований (810 точек р. Дон, 250 точек р. Темерник) с использованием сертифицированных тепловизоров FLIR E8 XT, DJI Mavic 3 Thermal и контактного термометра Testo T885-2. Определялись температурные аномалии ($\Delta T \geq 3^{\circ}\text{C}$) и градиенты «берег–фарватер» в соответствии с СанПиН 1.2.3685-21. Применена авторская запатентованная методика (патент РФ № 2831517), включающая обязательную полевую калибровку, аэрофотосъемку с продольным перекрытием $\geq 80\%$, учет метеоусловий, пространственную интерполяцию данных и выделение санитарно-неблагополучных зон. Анализ термограмм и статистическая обработка выполняли в StatTech с интеграцией в ГИС (NextGIS).

Микробиологические исследования. В 14 створах (5 – р. Дон, 9 – р. Темерник) отобрано 249 проб, проведено 964 анализа. Пробы отбирали в соответствии с ГОСТ Р 59024-2020, ГОСТ Р 56237-2014 с соблюдением асептики и холодной цепи. Определяли ОМЧ (22°C , 37°C), ОКБ, *E. coli*, *Enterococcus spp.*, патогенные и условно-патогенные микроорганизмы (*Salmonella spp.*, *Klebsiella spp.*, *Pseudomonas spp.*, *Clostridium perfringens*). Идентификация – по МУК 4.2.3963-23 и ГОСТ Р 51232-2018, включая MALDI-TOF масс-спектрометрию (Bruker Autoflex III, score > 2,0).

Гигиеническая оценка. Рассчитывали коэффициент самоочищения (K_s), индексы микробного (ИМЗ) и санитарного загрязнения (ИСЗ), коэффициент безопасности (MoS). Осуществляли ранжирование створов по уровню санитарного риска по створам с учетом СанПиН 1.2.3685-21 и СанПиН 2.1.3684-21, выполняли пространственный и регрессионный анализ данных с использованием StatTech.

ГИС-моделирование и статистическая обработка. База данных сформирована в PostgreSQL с пространственной привязкой точек отбора в ГИС (NextGIS). Применялись методы описательной и инференциальной статистики (t-критерий Стьюдента, U-критерий Манна–Уитни, χ^2 Пирсона, ANOVA), корреляционный и регрессионный анализ, временной анализ, геостатистическая оценка (Moran's I) и кластеризация (k-means) для выявления закономерностей распределения температурных и микробиологических показателей.

Совокупность примененных методов – от обзорной ИК-термографии до микробиологических исследований, гигиенической оценки, статистического и ГИС-анализа – обеспечила комплексный подход к изучению санитарно-гигиенического состояния водных объектов, позволив выявить пространственно-временные закономерности распространения загрязнения и сформировать научно обоснованные критерии оценки санитарного риска.

В главе 3 представлен комплексный подход к локализации очагов загрязнения поверхностных вод бассейнов рек Дон и Темерник в пределах г. Ростова-на-Дону на основе дистанционного термографического мониторинга, интегрированного в единую геоинформационную систему. Обоснование выбора дистанционного метода основывается на высокой санитарной напряженности исследуемых водоемов, для которых в 2021–2023 гг. зафиксированы высокие показатели микробиологического загрязнения: доля нестандартных проб на р. Дон составила 58,9%, на р. Темерник – до 77,1%, что совпадает с данными Монахова Е.В. и соавт. (2024). Отмечается значительный вклад сбрасываемых сточных вод в ухудшение гигиенического состояния водной среды, при частичном охвате рек санитарным надзором и отсутствии постоянного контроля в прибрежной полосе.

Для оперативного выявления зон воздействия сточных вод разработан трехэтапный алгоритм: 1) предварительное картографирование прибрежной зоны на основе ГИС, с включением данных по санитарной охране, неорганизованным зонам отдыха, гидрографическим и урбанизированным объектам; 2) проведение дистанционного термографического обследования с использованием тепловизионной техники, при этом критерием аномалии выступал температурный градиент $\Delta T \geq 3 \text{ }^\circ\text{C}$ между береговой и русловой водой; 3) лабораторная верификация санитарно-микробиологических показателей в выявленных аномальных точках с последующей интеграцией всех данных в PostgreSQL-базу.

Проведен сравнительный анализ четырех типов тепловизионных платформ (монокуляры Flins 3, адаптер Seek Thermal Pro, смартфон Doogee V20 Pro / InfiRay и БПЛА DJI Mavic 3 Thermal) по техническим, практическим и экономическим критериям. Наилучшее соотношение точности, автономности и стоимости показал смартфон Doogee V20 Pro, что обусловило его выбор в качестве базового оборудования для оперативного санитарного мониторинга. БПЛА DJI рекомендован для обследования труднодоступных участков, при условии соблюдения норм Указа № 113 и метеограничений.

Термографическое обследование р. Дон охватило 83 контрольные точки, расположенные вдоль северной и южной частей створа. В северной части выявлены шесть зон с устойчивыми термическими аномалиями ($\Delta T \geq 3 \text{ }^\circ\text{C}$), локализованных в районах урбанизированной застройки, рекреационного водопользования и возможного воздействия сточных вод. Доля превышений допустимых отклонений температурного фона составила 18,6% с выраженным весенним максимумом (до 27,1 %) и тенденцией к увеличению в 2023 г. В южной части створа, напротив, установлены лишь единичные эпизоды превышений, суммарная доля которых не превысила 10,4%, при отсутствии сезонной динамики. По результатам анализа выделены 5 приоритетных створов (КТ 5, 18, 23, 27, 35), рекомендованных для первоочередного санитарно-бактериологического мониторинга.

Аналогичный скрининг р. Темерник, проведенный в 48 точках, выявил более стабильную тепловую структуру. Средняя доля превышений санитарного порога по ΔT составила 2,0% (при расчете по средним значениям), 6,4% – при сравнении с температурой устья. Характер аномалий носил эпизодический характер с доминированием летних периодов. Несмотря на отсутствие устойчивых «горячих зон», с учетом химико-биологических характеристик были определены 8 приоритетных створов (КТ 1, 2, 4, 7, 10, 18, 41, 50), обладающих санитарно-эпидемиологической значимостью.

Термограммы пространственно привязывали к координатной сетке и обрабатывали в программной среде NextGIS с последующей визуализацией и интерполяцией данных. Обработку проводили также с использованием StatTech, что обеспечило построение цифровых карт с обозначением участков вероятного техногенного воздействия и уточнением границ зон санитарного контроля.

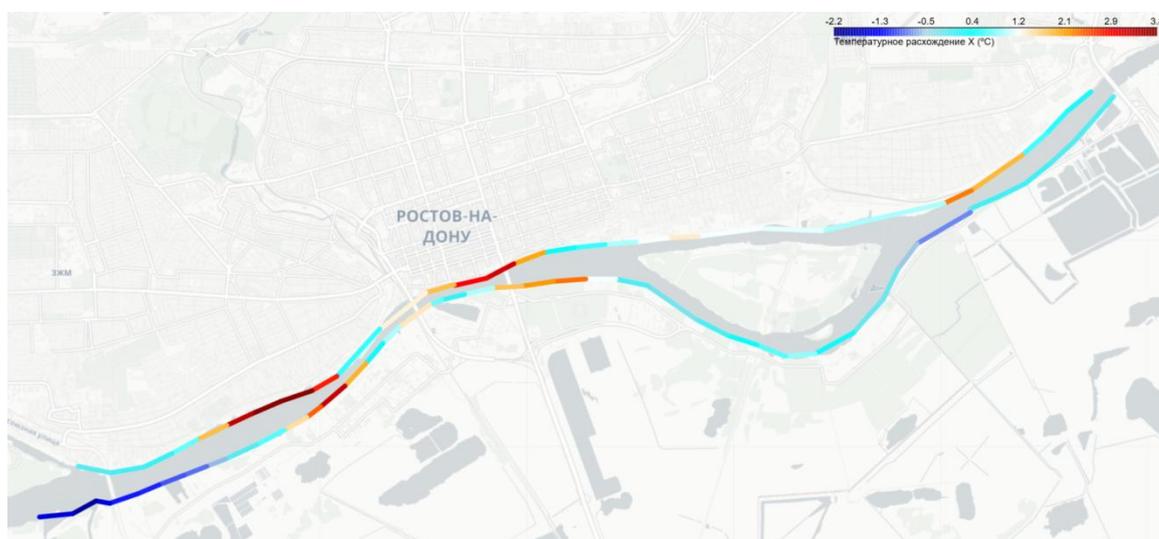


Рисунок 1 – Пример представления данных ИК-термографии р. Дон на основе данных за март-апрель 2022 г.

Создано ГИС-ядро (> 30 слоев) с использованием PostgreSQL, в рамках которых размещаются точки термографирования, отображаются значения ΔT и лабораторные результаты.

Результаты одно- и двухфакторного дисперсионного анализа (ANOVA) показали, что единственным статистически значимым фактором, определяющим характер температурных аномалий, является пространственное расположение контрольной точки ($p < 0,001$). Сезонный и межгодовой факторы не оказали значимого влияния ($p > 0,21$), что позволяет рассматривать температурные сигнатуры как локальные, слабо зависящие от погодных условий, но четко коррелирующие с антропогенной нагрузкой, что совпадает с результатами исследования Restivo D.E. et al. (2023) о выявлении «устойчивых» термопризнаков продольного потока и важных

тепловых характеристик, полученных с помощью аэротермической инфракрасной и поплавковой съемки.

В целом, результаты дистанционного мониторинга подтвердили его высокую чувствительность и оперативность при выявлении участков с вероятным воздействием сточных вод. Установлено, что при использовании критерия $\Delta T \geq 3 \text{ }^\circ\text{C}$ возможно сократить объем классического мониторинга в 10 раз при сохранении гигиенической значимости и точности. Метод обеспечивает экспресс-оценку санитарного состояния 10-км участка за ≤ 60 минут и может быть масштабирован для применения в других прибрежных агломерациях. Базовое тепловизионное оборудование (Doogee V20 Pro) обеспечивает оптимальное соотношение затрат и чувствительности, а созданный ГИС-протокол позволяет интегрировать термографические и бактериологические данные в единую систему санитарного мониторинга.

В главе 4 приведена гигиеническая оценка санитарно-бактериологического состояния поверхностных вод бассейнов р. Дон и р. Темерник на основе результатов проведенного многосезонного микробиологического мониторинга, пространственного анализа и интеграции данных в систему дистанционного санитарного надзора.

В таблице 1 представлена сравнительная санитарно-бактериологическая характеристика створов № 1-5 р. Дон, включающая значения ключевых показателей: общее количество колиформных бактерий (ОКБ), *Escherichia coli*, *Enterococcus spp.*, индексов микробного (ИМЗ) и санитарного загрязнения (ИСЗ), коэффициента самоочищения (K_s), а также наличие условно-патогенной микрофлоры.

Контрольный створ № 1 характеризуется наименьшей санитарной нагрузкой, тогда как наиболее неблагоприятные участки зафиксированы в районах городского пляжа (створ № 2), речного вокзала (створ № 3), ниже впадения р. Темерник (створ № 4) и в особенности – ниже выпуска городской канализации (створ № 5). В этих створах отмечены устойчивые превышения по ОКБ, *E. coli*, *Enterococcus spp.* и ОМЧ при 24 °С и 37 °С. Выявлены *Klebsiella spp.*, *Salmonella spp.*, *Pseudomonas spp.*

Рассчитанные коэффициенты самоочищения в створах № 2, № 3 и № 5 колебались в диапазоне от 0,1 до 0,3, что свидетельствует о крайне низкой естественной способности водоема к восстановлению микробного баланса. Полученные данные подтверждают необходимость постоянного санитарного контроля указанных участков.

В створе № 8 санитарная верификация показала временное ухудшение микробиологических показателей в 2022 г., связанное с антропогенным воздействием. В 2023 г. отмечена стабилизация и восстановление санитарного состояния.

Створы № 9-11 верифицированы как санитарно напряженные. Зафиксированы термические аномалии, нестабильные значения K_s , превышение гигиенических ориентиров по

основным микробиологическим показателям и наличие условно-патогенной микрофлоры. Участки требуют регулярного мониторинга.

Таблица 1 – Санитарно-бактериологическая характеристика створов № 1-5 р. Дон, 2022-2023 гг.

Показатель	Створы				
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
ΔT, °C	≤ 0,6	2,0-2,8	1,7-2,4	2,8-3,5	3,5-4,6
ОКБ, (КОЕ/100 см ³)	≤ 27 000	≤ 240 000	≤ 190 000	≈ 115 346	≈ 200 000
<i>E. coli</i> , КОЕ/100 см ³	≤ 1 144	≤ 3 100	≤ 2 600	≈ 2 900	≤ 3 900
<i>Enterococcus spp.</i> , КОЕ/100 см ³	–	≤ 3 900	≤ 3 500	≤ 2 033	≤ 2 350
ИМЗ	17,5-51,3	до 186,2	≈ 96,4	до 215,7	до 339,7
ИСЗ	–	до 0,277	до 0,218	до 0,321	0,401
Коэффициент самоочищения (K _s)	10,8-14,1	0,12-0,15	0,18-0,22	3,2-12,9	1,9-5,4
Условно-патогенные микроорганизмы (УПМ)	Не выявлены	Выявлены	Иногда выявляются	<i>Klebsiella spp.</i> , <i>Salmonella spp.</i> , др.	Все ключевые УПМ
Общая санитарная оценка	Удовл.	Неудовл.	Неудовл.	Требует контроля	Неудовл.

Таблица 2 – Санитарно-бактериологическая характеристика створов № 6-11 р. Дон, 2022-2023 гг.

Показатель	Створы					
	№ 6	№ 7	№ 8	№ 9	№ 10	№ 11
ΔT, °C	≤ 1,0	≤ 1,0	~1,5	до 2,5	1,5–2,5	1,5–2,5
K _s (коэф. самоочищения)	≥ 4,6	≥ 4,6	отриц. (2022), рост (2023)	< 0	Нестабильный	Нестабильный
ОКБ, КОЕ/100 см ³	≤ 17 000	≤ 18 000	до 58 000	до 93 000	до 76 000	до 79 000
<i>E. coli</i> , КОЕ/100 см ³	≤ 850	≤ 910	до 2 200	до 3 700	до 3 200	до 3 400
<i>Enterococcus spp.</i> , КОЕ/100 см ³	Не выявлены	Не выявлены	Не выявлены	Не выявлены	Не выявлены	Не выявлены
ОМЧ, КОЕ/см ³	1-72	1-65	120-240	180-296	154-270	169-285

Таблица 2 – Санитарно-бактериологическая характеристика створов № 6-11 р. Дон, 2022-2023 гг. (продолжение)

Показатель	Створы					
	№6	№7	№8	№9	№10	№11
ИМЗ	17,5-38,2	21,3-43,6	56,1-104,8	87,4-128,1	73,1-122,9	79,5-126,3
ИСЗ	–	–	до 0,172	до 0,213	до 0,241	до 0,228
Условно-патогенные микроорганизмы (УПМ)	Не выявлены	Не выявлены	Выявлены	Выявлены	Выявлены	Выявлены
Общая санитарная оценка	Удовл.	Удовл.	Неудовл.	Неудовл.	Требует контроля	Требует контроля

Санитарно-бактериологическая характеристика створов № 11-14 р. Темерник позволила верифицировать санитарное состояние нижнего участка водоема в условиях термической и микробной нагрузки (Таблица 3).

Таблица 3 – Санитарно-бактериологическая характеристика створов № 11-14 р. Дон, 2022-2023 гг.

Показатель	Створы			
	№11	№12	№13	№14
ΔТ, °С	1,5-2,5	3,8-4,7	до 4,5	до 5,3
К _с (коэф. самоочищения)	Нестабильный	1,4-1,7	1,5-1,7	1,4-2,1
ОКБ, КОЕ/100 см ³	до 79 000	до 168 000	до 192 000	до 2,4×10 ⁶
<i>E. coli</i> , КОЕ/100 см ³	до 3 400	до 4 100	до 4 500	до 6 200
<i>Enterococcus spp.</i> , КОЕ/100 см ³	–	до 2 700	до 2 800	до 3 500
ОМЧ, КОЕ/см ³	169-285	395-570	276-369	> 600
ИМЗ	79,5-126,3	до 110	до 330	> 100
ИСЗ	до 0,228	до 0,344	до 0,506	до 0,592
Условно-патогенные микроорганизмы (УПМ)	Выявлены	Выявлены	Выявлены	<i>Klebsiella spp.</i> , <i>Pseudomonas spp.</i> , <i>C. perfringens</i>
Общая санитарная оценка	Требует контроля	Хронически неблагоприятный	Санитарная напряженность	Крайне неблагоприятный

В створе № 11 отмечалась нестабильность микробной обсемененности и наличие условно-патогенной микрофлоры, что указывает на начальное санитарное неблагополучие. Верификация подтверждает потребность в постоянном контроле.

Створ № 12 демонстрировалась признаки хронической санитарной нагрузки, включая выраженное фекальное загрязнение и снижение способности к самоочищению. Санитарно-

бактериологические индикаторы достоверно отражают влияние источника сточных вод, что подтверждено результатами термографического обследования.

В створе № 13 выявлена санитарная напряженность с колебаниями бактериологических показателей, ассоциированная с эпизодическими сбросами. Верификация указывает на нестабильный санитарный режим. Полученные результаты коррелируют с данными Водопьянова А.С. (2024), которые указывают на систематическое повышение микробной нагрузки в низовьях и приустьевой зоне реки.

Установлено, что в осенний период на р. Темерник при снижении температуры сохранялась бактериальная нагрузка, что указывает на хронический характер сбросов, подтвержденный эпизодом загрязнения от ООО «КЭСК» (2023 г.).

Санитарные данные пространственно сопоставлены с результатами дистанционного термографирования. Корреляционный анализ выявил достоверные связи между температурными градиентами (ΔT) и показателями ИМЗ, ИСЗ, K_s , а также с долей нестандартных проб. Особенно выраженные зависимости ($r > 0,6$) установлены в створах № 12-14, что подтверждает информативность ΔT как индикатора санитарного риска.

Предложена классификация санитарного состояния участков: благополучные зоны ($K_s > 0,7$), санитарно напряженные ($K_s = 0,4-0,7$), критически неблагополучные ($K_s < 0,4$, ИСЗ > 3), аналогичный методический подход для градации санитарного состояния качества поверхностных вод применялся также у Капустиной Л.Л. (2024). Такая градация позволяет обосновывать санитарные мероприятия с учетом сезонных и техногенных факторов.

Верифицирована эффективность интеграции бактериологического анализа и термографического мониторинга, разработан унифицированный подход к санитарной оценке водоемов. Результаты использованы для обоснования зон приоритетного контроля, санитарной типологии участков и алгоритма гигиенической интерпретации.

Глава 5 посвящена разработке и верификации комплексной модели санитарно-гигиенического мониторинга водных объектов на основе интеграции дистанционного термографирования, бактериологического анализа и геоинформационных технологий (ГИС). Предложенный подход направлен на повышение эффективности санитарного надзора в условиях фрагментарного охвата со стороны регламентных структур и ограниченных ресурсов лабораторного контроля.

На этапе интеграции проведена корреляционно-регрессионная верификация между температурными градиентами (ΔT) и санитарно-бактериологическими показателями. Установлены достоверные положительные связи между ΔT и уровнями бактериальной обсемененности ($r = 0,68-0,75$; $p < 0,01$), а также отрицательная корреляция с коэффициентами самоочищения и санитарной безопасности ($r = -0,63 \dots -0,69$). Это позволило обосновать

использование ΔT как функционального индикатора санитарного неблагополучия и оперативного сигнала к проведению лабораторного контроля.

В рамках ГИС-моделирования построены санитарные профили по створам, реализованы уровни гигиенической типизации:

- санитарно-благополучные зоны ($K_s > 0,7$; ИМЗ < 1);
- зоны санитарной напряженности ($K_s = 0,4-0,7$);
- санитарно неблагополучные участки ($K_s < 0,4$; ИСЗ > 3).

Эти зоны визуализированы в ГИС-среде с применением цветовой дифференциации и разбивкой по сезонам, что позволило сформировать пространственно-временную базу, включающей данные термографического наблюдения и результаты санитарно-бактериологического контроля (Рисунок 2).

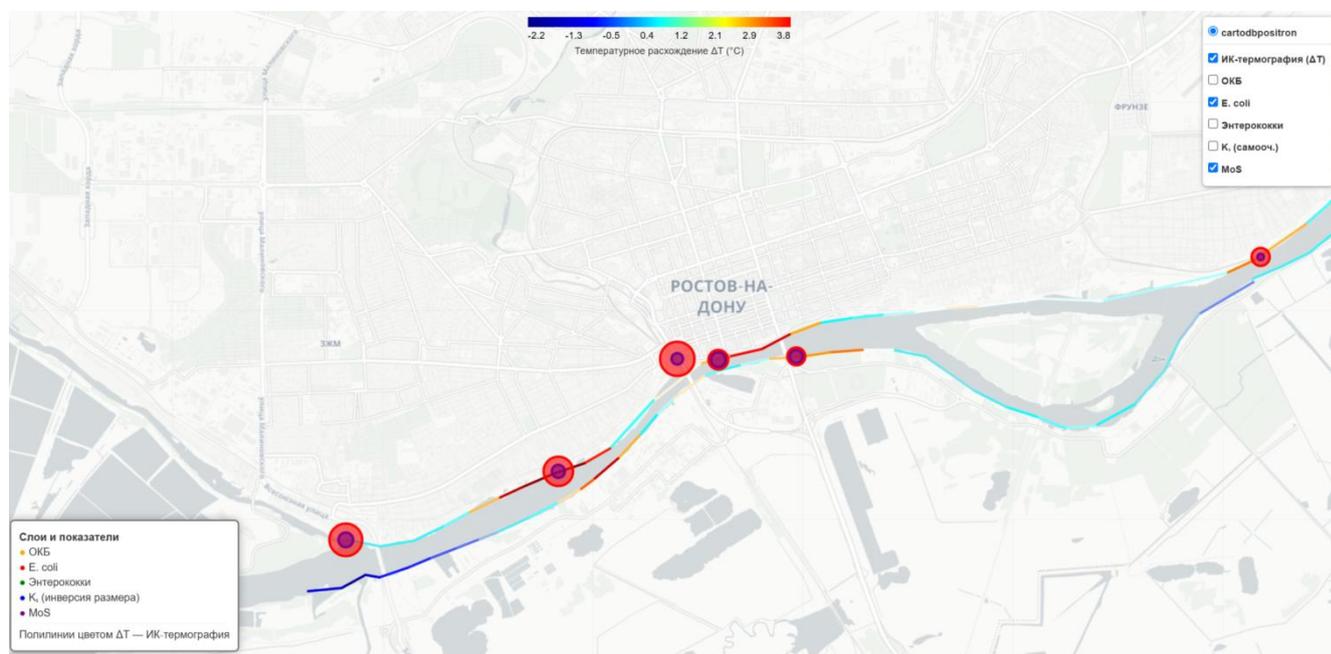


Рисунок 2 – Пример интерполяции данных за март-апрель 2022 г. в ГИС платформе

Разработан алгоритм принятия решений, включающий этапы:

- 1) дистанционное термографирование →
- 2) выделение участков с $\Delta T > 2,5 \text{ } ^\circ\text{C}$ →
- 3) приоритетный пробоотбор и лабораторный анализ →
- 4) расчет индексов и коэффициентов →
- 5) интеграция в ГИС-карту санитарного состояния →
- 6) автоматическая генерация рекомендаций по санитарному надзору.

Таким образом, научно обоснована концепция ИТБ-ГИС как эффективной платформы для оперативной оценки санитарного состояния водоемов, что обеспечивает переход от фрагментарного контроля к системному, пространственно-ориентированному санитарно-гигиеническому мониторингу.

В заключении установлено, что цель исследования – гигиеническое обоснование и разработка метода оценки качества поверхностных вод с применением обзорного инфракрасного термографирования, санитарно-бактериологических показателей и геоинформационного анализа – достигнута, все поставленные задачи выполнены. Методика продемонстрировала высокую диагностическую ценность, выявив тесную корреляцию ΔT с санитарно-бактериологическими показателями ($r = 0,81-0,87$), и позволила предложить шкалу оценки ($\Delta T \leq 1^\circ\text{C}$ – благополучно; $1-3^\circ\text{C}$ – напряженно; $\geq 3^\circ\text{C}$ – неблагоприятно) с пороговыми значениями $2,4^\circ\text{C}$ (уровень настороженности) и $3,0^\circ\text{C}$ (неблагополучный уровень). Разработанная система, объединяющая термографический скрининг, лабораторный анализ и ГИС-моделирование, обеспечивает оперативный (до 24 ч) санитарный мониторинг и может быть масштабирована на другие водоемы с высокой антропогенной нагрузкой.

ВЫВОДЫ

1) Качество воды на исследованных участках р. Дон вместе с притоком Темерник стабильно оценивается как неудовлетворительное: в 2022-2023 гг. до 58,9% проб из р. Дон и до 77,1% проб во II категории водопользования не соответствовали гигиеническим нормативам по микробиологическим и химическим индикаторам (нефтепродукты, БПК₅, нитрит-азот), что свидетельствует о значительном техногенном загрязнении водоёмов. Показатель самоочищения (K_s) в период летней межени снижался до 2,0-3,0.

2) Наличие значимых корреляционных связей ($r = 0,72-0,75$; $R^2 \approx 0,5$) между локальными тепловыми аномалиями на поверхности и уровнем микробиологического загрязнения свидетельствует о высокой эффективности обзорной инфракрасной термографии для оперативного выявления несанкционированных канализационных сбросов. Полученные данные показывают, что градиент температуры воды $\Delta T \geq 3^\circ\text{C}$ (при $U_{0.95} = 0,85^\circ\text{C}$) между прибрежной зоной сброса и основным руслом с доверительной вероятностью $\approx 95\%$ указывает на поступление недостаточно очищенных сточных вод фекального генеза.

3) В зонах тепловых аномалий концентрации ОКБ превышали гигиенические нормативы до $7,7 \times 10^2$ раз, а уровни *E. coli* и *Enterococcus spp.* – в сотни раз. Санитарно-бактериологическая верификация обеспечила возможность классифицировать обследованные створы по степени эпидемиологического риска и выявить наиболее опасные зоны для первоочередного санитарного надзора.

4) Сезонная динамика эпидемиологического риска в зонах тепловых аномалий характеризовалась возрастанием ИМЗ на городском пляже до 385 усл. ед. (при $N \leq 5$), уменьшением запаса эпидемической прочности воды (Margin of Safety, MoS) по ОКБ ниже 0,1,

что соответствовало вероятности воды ОКИ > 90%. Появление тепловых «ячеек» сопровождалось скачком условно-патогенных бактерий (*Klebsiella spp.*, *Pseudomonas spp.*): концентрация *Klebsiella spp.* превышала рекреационный предел 500 КОЕ/100 см³ в 3–7 раз, что повышало риск заражения ESKAPE-штаммами.

5) Сравнительная экспертиза четырех мобильных тепловизионных устройств с геопривязкой показала, что для наземного мониторинга прибрежных зон оптимальны компактные тепловизоры с тепловой чувствительностью ≤ 60 мК, а для аэросъемки протяженных участков рек – системы на базе беспилотных летательных аппаратов с матрицей не менее 640×512 пикселей.

6) Разработаны критерии для оперативного осуществления санитарного контроля воды поверхностных водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования: пороговый градиент температуры воды $\Delta T = 2,4^\circ\text{C}$ предложен в качестве «желтого» уровня настороженности, при котором рекомендуется удвоить частоту отбора проб для бактериологического контроля; достижение же $\Delta T \geq 3,0^\circ\text{C}$ трактуется как основание для временного запрета купания населения. Интеграция ИК-термографии с санитарно-микробиологическими исследованиями и ГИС заметно ускоряет и обогащает социально-гигиенический мониторинг городских водоемов.

7) Разработан и апробирован интегрированный подход «ИК-термография – санитарно-бактериологический анализ – ГИС» (ИТБ-ГИС), который сокращает весь цикл выявления и подтверждения сточного загрязнения до ~24 ч. и в реальном времени локализует очаги, оценивая их эпидемиологическую значимость для раннего предупреждения водообусловленных инфекций.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

На основании результатов гигиенической оценки водоемов, термографического скрининга и санитарно-бактериологического мониторинга разработаны предложения, направленные на повышение эффективности выявления техногенных загрязнений, снижение эпидемиологических рисков и внедрение дистанционных методов контроля в практику Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия населения.

1) Рекомендуется использовать ИК-термографию как скрининговый метод социально-гигиенического мониторинга поверхностных водных объектов, позволяющий оперативно выявлять участки с признаками техногенного загрязнения.

Использование температурного градиента $\Delta T \geq 2,4^\circ\text{C}$ целесообразно в качестве порогового значения санитарной настороженности, требующего увеличения частоты отбора проб и проведения лабораторного контроля.

Значение $\Delta T \geq 3,0^\circ\text{C}$ следует трактовать как индикатор высокого санитарно-эпидемиологического риска, при котором необходимо временное ограничение рекреационного водопользования.

2) Для повышения эффективности санитарного надзора рекомендуется интегрировать термографические и лабораторные данные в единую ГИС. Геоплатформа (например, «Water Risk») позволяет автоматически классифицировать участки по уровням санитарного риска и использоваться для анализа и планирования профилактических мероприятий.

3) Предлагается интегрированный алгоритм санитарной оценки поверхностных водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования, объединяющий дистанционную ИК-съемку, бак-верификацию и ГИС-моделирование. Он включает:

- термографическое сканирование и выделение аномалий;
- прицельный отбор проб ≤ 24 ч;
- анализ ОКБ, *E. coli*, *Enterococcus spp.* и УПМ;
- расчет ИМЗ, ИСЗ, K_s и MoS ;
- ГИС-визуализацию риска и автоматическое формирование отчета.

Подход сокращает время от обнаружения загрязнения до санитарных мер и повышает эффективность санитарно-эпидемиологического надзора возникновения водообусловленных инфекций.

4) Рекомендуется оснащение санитарно-гигиенических лабораторий тепловизионным и вычислительным оборудованием. Рекомендуется мобильный тепловизионный комплекс с геопривязкой (наземный и БПЛА). Расчет НВЧ и индексов риска следует выполнять с использованием зарегистрированного программного обеспечения (№ 2023662067, пром. образец № 140756).

5) С целью профилактики водообусловленных инфекций рекомендуется включать в санитарный контроль ранее неохваченные зоны неорганизованного водопользования (стихийные пляжи, нагруженные прибрежные участки). Территории с устойчивыми тепловыми аномалиями и подтвержденным бактериологическим загрязнением следует отнести к приоритетным для обследования.

Перспективы дальнейшей разработки

– Внедрение дистанционного ИК-мониторинга в регламенты подготовки санитарно-гигиенических заключений и межведомственных актов.

– Разработка стандартизированных цифровых протоколов, обеспечивающих юридическую силу данных при обращении в контролирующие и судебные органы.

– Расширение доказательного функционала системы (автоматическое формирование экспертных отчетов) для ускорения принятия управленческих решений при выявлении эпидемиологически значимого загрязнения водных объектов.

Результаты данной работы могут быть использованы специалистами учреждений Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия населения при осуществлении контрольно-надзорной деятельности в качестве инструмента оценки и прогнозирования санитарного состояния поверхностных водных объектов, выявления техногенного загрязнения и оперативной эпидемиологической оценки рисков.

СПИСОК НАУЧНЫХ РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

В печатных рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК, и в зарубежных изданиях, индексируемых в международных базах данных

1. Мониторинг *Klebsiella pneumoniae* как один из критериев микрoэкологической характеристики водного объекта / **А. С. Калюжин**, А. Л. Байракова, М. А. Морозова [и др.] // Гигиена и санитария. – 2024. – Т. 103, № 3. – С. 234-241. – DOI 10.47470/0016-9900-2024-103-3-234-241. [Scopus]

2. Геоинформационная система как инструмент СГМ в структурах Роспотребнадзора и здравоохранении, на примере санитарно-гигиенического контроля водных ресурсов (информационно-аналитический обзор) / **А. С. Калюжин**, Н. И. Латышевская, А. Л. Байракова [и др.] // Здоровье населения и среда обитания – ЗниСО. – 2024. – Т. 32, № 1. – С. 36-48. – DOI 10.35627/2219-5238/2024-32-1-36-48. [ВАК].

3. The Don River mouth area environmental problems at the present stage: Assessment and analytical review / V. Zubtsov, M. Morozova, A. Kalyuzhin [et al.] // BIO Web of Conferences. – 2024. – Vol. 113. – P. 04017. – DOI 10.1051/bioconf/202411304017. [Scopus]

В научных изданиях вне перечня ВАК при Министерстве науки и Высшего образования РФ

4. **Калюжин А.С.** Санитарно-гигиеническая оценка воды г. Ростов-на-Дону в период 2021-2023 гг. // Гигиена, экология и риски здоровью в современных условиях: материалы XIV Всерос. Науч.-практ. Online-конф. Молодых ученых и специалистов с междунар. Участием; Саратов, 26 апр. 2024 г. – Саратов: Изд-во «Саратовский источник», 2024. – С. 109–112.

5. **Калюжин А.С.**, Латышевская Н.И., Овечкина И.Г. Методические и правовые коллизии применения геоинформационных систем в оценке риска водообусловленных вспышек кишечных инфекций (на примере Ростовской области) // Актуальные вопросы гигиены и диетологии на современном этапе: материалы 5-й Всерос. Науч.-практ. Конф.; Ростов-на-Дону, 15 февр. 2024 г. – Ростов-на-Дону: РостГМУ, 2024. – С. 110–117

6. **Калюжин А.С.** Метод обнаружения несанкционированного сброса сточных вод в природный водоем // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. – 2024. – № S2. – С. 57–60.

7. **Калюжин А.С.**, Латышевская Н.И., Леонова М.В. Санитарно-эпидемиологическая оценка состояния поверхностных вод Нижнего Дона в районе Ростова-на-Дону с применением геоинформационного картирования // Эрисмановские чтения – 2023. Новое в профилактической медицине и обеспечении санитарно-эпидемиологического благополучия населения: материалы I Всерос. Науч. конгр. С междунар. Участием; Мытищи, 23–24 нояб. 2023 г. – Мытищи: ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана Роспотребнадзора, 2023. – С. 112–116.

8. **Калюжин А.С.** Применение геоинформационной системы в рамках риск-ориентированного подхода принятия решений на основе данных санитарно-бактериологического мониторинга поверхностных вод участка Нижнего Дона // Здоровье и окружающая среда: материалы междунар. Науч.-практ. Конф.; Минск, 23–24 нояб. 2023 г. – Минск: РУП «Издательский центр БГУ», 2023. – С. 26–28.

9. **Калюжин А.С.** Возможность обнаружения тепловых диффузных стоков в поверхностных водах при помощи тепловизионного оборудования // Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса: юбил. Сб. науч. тр. XV Междунар. Науч.-практ. Конф.; Ростов-на-Дону, 2–4 марта 2022 г. – Ростов-на-Дону: ООО «ДГТУ-ПРИНТ», 2022. – С. 103–105. – DOI 10.23947/interagro.2022.103-105.

10. **Калюжин А.С.**, Стець К.Ю., Подорванов А.А. Возможность применения инновационных методик для оценки поверхностных вод Ростова-на-Дону // Актуальные проблемы науки и техники – 2022: материалы Всерос. Науч.-практ. Конф.; Ростов-на-Дону, 16–18 марта 2022 г. – Ростов-на-Дону: Донской гос. Техн. Ун-т, 2022. – С. 136–137.

11. **Калюжин А.С.** Научно обоснованный алгоритм выявления и предотвращения санитарно-бактериологического загрязнения водных объектов (программа ЭВМ Water Risk) // Фундаментальные и прикладные аспекты анализа риска здоровью населения – 2022: материалы Всерос. Науч.-практ. Интернет-конф. Молодых ученых и специалистов Роспотребнадзора с междунар. Участием; Пермь, 10–14 окт. 2022 г. – Пермь: Пермский нац. Исслед. Политехн. Ун-т, 2022. – С. 358–361.

12. **Калюжин А.С.** Применение геоинформационных систем для оценки санитарно-бактериологического состояния водных экосистем (обзор литературы) // Актуальные вопросы эпидемиологического надзора за инфекционными и паразитарными заболеваниями на Юге России. Ермольевские чтения: сб. материалов межрегион. Науч.-практ. Конф., посвящ. Памяти З.В. Ермольевой; Ростов-на-Дону, 9–10 сент. 2021 г. – Ростов-на-Дону: ФБУН «Ростовский НИИ микробиологии и паразитологии» Роспотребнадзора, 2021. – С. 92–101.

Зарегистрированные РИД

Свидетельства о регистрации программ и баз данных:

1. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2023621191. ГИС «ПБА 3-4 групп патогенности, выделенные из воды реки Темерник и Нижнего Дона в районе г. Ростов-на-Дону за период 2022 г.» / **А. С. Калюжин**, А. Л. Байракова, М. А. Морозова и др.; заявл. 28.12.2022; рег. 12.04.2023.

2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023662067. Программа «Расчет наиболее вероятного числа микроорганизмов в водных объектах с занесением данных в PostgreSQL» / М.А. Калентьев, **А.С. Калюжин**; заявл. 15.05.2023; рег. 06.06.2023.

Патенты и промышленные образцы:

3. Патент РФ на промышленный образец № 140385. Схема «Алгоритм автоматизации дистанционной оценки риска возникновения бактериальных кишечных инфекций на основе ГИС

“WR”» / С.В. Кузьмин, О.О. Сеницына, Г.М. Трухина, **А.С. Калюжин** и др.; заявл. 01.11.2023; опубл. 31.01.2024.

4. Патент РФ на промышленный образец № 140756. Схема «Алгоритм преобразования концентрации микроорганизмов в НВЧ» / О.О. Сеницына, **А.С. Калюжин**, Г.М. Трухина и др.; заявл. 21.11.2023; опубл. 27.02.2024.

5. Патент РФ на промышленный образец № 143037. Схема «Алгоритм обнаружения несанкционированного сброса сточных вод по тепловизионной съемке» / О.О. Сеницына, Г.М. Трухина, **А.С. Калюжин** и др.; заявл. 20.03.2024; опубл. 26.07.2024.

6. Патент РФ № 2831517 С1. Способ обнаружения несанкционированного сброса сточных вод в речной водоток с применением тепловизионного оборудования / О.О. Сеницына, **А.С. Калюжин**, Н.И. Латышевская и др.; заявл. 04.04.2024; опубл. 09.12.2024.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

ANOVA – однофакторный и двухфакторный дисперсионный анализ (Analysis of Variance).

БПК₅ – биохимическое потребление кислорода за 5 суток.

БПЛА – беспилотный летательный аппарат.

ГИС – географическая информационная система.

ИК-термография – инфракрасное термографирование.

ИМЗ – индекс микробного загрязнения.

ИСЗ – индекс санитарного загрязнения.

K_s – коэффициент самоочищения.

MoS – коэффициент санитарной безопасности (Margin of Safety).

MALDI-TOF – матрично-активированная лазерная десорбция/ионизация с определением времени пролета (Matrix Assisted Laser Desorption/Ionization Time of Flight).

НВЧ – наиболее вероятное число (метод расчета количества микроорганизмов).

ОМЧ – общее микробное число.

ОКБ – обобщенные колиформные бактерии.

УПМ – условно-патогенные микроорганизмы.

ΔT – градиент температуры воды (разность между температурами берег-русло реки).

Научное издание

Калюжин Александр Сергеевич

**Гигиеническое обоснование применения обзорного термографирования как метода
оценки качества воды водоисточников**

Автореферат диссертации

на соискание учёной степени кандидата медицинских наук

Подписано в печать

Формат 60x84/16 Печать цифровая. Бумага обычная

Гарнитура Times New Roman. Усл. печ. л. 1,0

Тираж 100 экз. Заказ №

Отпечатано в Издательстве ВолгГМУ

400006, г. Волгоград, ул. Дзержинского, 45

Тел.: (8442) 74-08-04