

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ КОМИССИИ

по защите диссертации Крохина Георгия Борисовича на тему «Исследование закономерностей формирования гидрохимических показателей природной воды в условиях различной антропогенной нагрузки», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.21 – «Геоэкология», состоявшейся в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» (НИТУ МИСИС) 28 сентября 2026 г.

Диссертация принята к защите Диссертационным советом НИТУ МИСИС 29.06.2026 (Протокол №40).

Диссертация выполнена в лаборатории «Управления водными ресурсами» ИВП РАН.

Научный руководитель – доктор технических наук Розенталь Олег Моисеевич, профессор, главный научный сотрудник ИВП РАН.

Экспертная комиссия утверждена Диссертационным советом НИТУ МИСИС 29.06.2026 (Протокол №40):

1. Коликов Константин Сергеевич – д.т.н., заведующий кафедрой безопасности и экологии горного производства НИТУ МИСИС – председатель комиссии;
2. Батугин Андриан Сергеевич – д.т.н., профессор кафедры безопасности и экологии горного производства НИТУ МИСИС;
3. Скопинцева Ольга Васильевна – д.т.н., советник руководителя Центра прикладной природоохранной деятельности федерального государственного бюджетного учреждения «Аналитический центр проектной деятельности, развития водохозяйственного комплекса и охраны атмосферного воздуха Минприроды России» (на момент принятия диссертации к защите - профессор кафедры техносферной безопасности НИТУ МИСИС);
4. Козодаев Алексей Станиславович – д.т.н., профессор, заместитель заведующего кафедрой экологической и промышленной безопасности федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э.Баумана (национальный исследовательский университет)»;
5. Первов Алексей Германович – д.т.н., генеральный директор общества с ограниченной ответственностью «Уотерлэб» (Waterlab).

В качестве ведущей организации утверждено федеральное государственное бюджетное учреждение науки Геофизический центр Российской академии наук, г. Москва.

Экспертная комиссия отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований (соответствуют пп. 6, 12 паспорта специальности 1.6.21 – «Геоэкология»):

- **установлено** наличие в динамике гидрохимических показателей детерминированной составляющей, проявляющейся в форме долговременной памяти, персистентности и повторяющихся временных структур;
- применение метода динамической трансформации временной шкалы – DTW-анализ **позволило** выявить эффект сохранения (или «наследования») отдельных особенностей гидрохимической динамики по направлению движения водного потока;

- **усовершенствована** схема прогнозирования гидрохимических временных рядов с использованием моделей SARIMA, в качестве параметра сезонности предложено использовать не только фиксированный годовой цикл, но и индивидуально определенную для каждого ряда «глубину памяти»;
- **показано**, что противофазная динамика отдельных гидрохимических показателей может воспроизводиться с помощью систем дифференциальных уравнений и анализироваться посредством фазовых портретов, что расширяет представление о возможных механизмах упорядоченности гидрохимических временных рядов и формирует основу для построения процессно-статистических моделей.

Теоретическая значимость и новизна исследования:

применительно к тематике диссертационного исследования (т.е. с получением обладающих новизной результатов):

- **выявлено**, что временные ряды гидрохимических данных характеризуются эффектом долговременной памяти и внутренними циклическими закономерностями, проявляющимися даже при высокой антропогенной нагрузке;

- **доказано**, что методы нелинейной статистики позволяют обнаружить устойчивые коинтеграционные зависимости и причинно-следственные связи в динамике временных рядов гидрохимических показателей, что позволяет выявить общность источников загрязнения водных объектов при геоэкологическом мониторинге;

- **установлено**, что метод прогнозирования на основе SARIMA-моделей с параметром сезонности, равным глубине памяти временного ряда, повышает точность статистических прогнозов и закладывает основу для новых методов прогностических расчетов с учетом обнаруженных закономерностей;

- **установлено**, что в гидрохимическом временном ряду наблюдаются незатухающие автоколебания, проявляющиеся в изменении значений концентраций и отражающие существование упорядоченных структур, при этом противофазная динамика показателей адекватно воспроизводится имитационными моделями, построенными на основе фазовых портретов и систем простых дифференциальных уравнений.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики.

Практическая значимость работы заключается в возможности повышения информативности действующих систем гидрохимического мониторинга без обязательного изменения состава измеряемых показателей. Предложенные алгоритмы могут применяться к уже накопленным массивам наблюдений Росгидромета, ведомственных лабораторий, водоканалов, промышленных предприятий и организаций, осуществляющих производственный экологический контроль сбросов и состояния водных объектов.

Результаты исследования могут использоваться при разработке информационно-аналитических систем мониторинга качества поверхностных вод; при оптимизации частоты отбора проб и продолжительности рядов наблюдений; при выявлении взаимосвязанных групп гидрохимических показателей; при построении краткосрочных статистических прогнозов; при оценке вероятности появления аномально высоких концентраций; при предварительном выявлении участков водных объектов, характеризующихся различным режимом формирования качества воды; при формировании признаков пространства для автоматизированной классификации гидрохимического состояния водных объектов; при

развитии систем государственного, территориального и производственного мониторинга поверхностных вод.

Разработанные алгоритмические решения могут быть включены в состав программных комплексов обработки гидрохимических данных и геоинформационных систем экологического мониторинга. В частности, целесообразно предусмотреть автоматизированный расчет показателей персистентности, оценку характерных временных масштабов, построение матриц причинных и коинтеграционных связей, а также сравнение альтернативных параметров сезонности при прогнозировании.

Полученные результаты были использованы при разработке двух национальных стандартов: ГОСТ Р 72538-2026 «Охрана окружающей среды. Охрана водных объектов. Методика оценки риска ошибочного определения фоновое содержания загрязняющих веществ в водных объектах» (утвержден Приказом Росстандарта от 09.02.2026 №101-ст, вступил в действие с 01.09.2026 г.) и ГОСТ Р 72527-2026 «Охрана окружающей среды. Охрана водных объектов. Методика выбора системы очистки воды по критерию эффективности» (утвержден Приказом Росстандарта от 05.02.2026 №82-ст, вступил в действие с 01.09.2026 г.). Результаты диссертационной работы были использованы Автономной некоммерческой организацией дополнительного профессионального образования «Институт промышленной безопасности» (АНО ДПО «ИПБ») при разработке методической основы для прогнозирования качества воды, учитывающей как сезонные, так и несезонные циклические компоненты, развитии представлений о механизме формирования гидрохимического состава природных вод в условиях высокой пространственно-временной изменчивости концентраций загрязняющих веществ.

Оценка достоверности результатов исследований выявила:

- использование фактических многолетних массивов данных гидрохимического мониторинга разной длины и дискретности на объектах с различными условиями формирования состава воды;
- применение нескольких взаимодополняющих статистических методов и количественное сопоставление прогнозных моделей;
- повышение точности прогнозных моделей путем использования результатов исследования внутренней структуры гидрохимических временных рядов.

По своему методическому уровню работа соответствует современным направлениям анализа временных рядов природных процессов. Ее ценность определяется адаптацией соответствующих методов к гидрохимическим данным, их объединением в последовательную аналитическую схему и проверкой на нескольких контрастных водных объектах.

Личный вклад соискателя состоит в:

- анализе и обобщении научной литературы, что позволило автору сформулировать актуальность, цель и задачи работы, обосновать и реализовать методики выявления скрытой цикличности, долговременной памяти и причинно-следственных связей в гидрохимических рядах;
- анализе, обработке и интерпретации полученных данных;
- формулировке основных научных положений, результатов и выводов диссертации;
- широкой апробации полученных результатов на международных и всероссийских конференциях.

Основные научные положения, результаты, выводы и рекомендации работы полностью отражены в 7 опубликованных работах, из которых 6 научных статей в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, и в полной мере отражают её содержание.

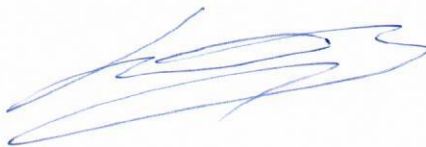
Пункт 2.6 Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ МИСИС соискателем ученой степени не нарушен.

Диссертация Крохина Георгия Борисовича соответствует критериям п. 2 Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ МИСИС, так как в ней на основании выполненных автором теоретических и экспериментальных исследований решена актуальная научная задача повышения информативности гидрохимических наблюдений путем выявления скрытых закономерностей, характеризующих устойчивость, инерционность и связанность изменений показателей качества водных ресурсов, что соответствует современному направлению перехода от преимущественно описательного контроля состояния окружающей среды к прогнозно-аналитическим системам геоэкологического мониторинга.

Экспертная комиссия приняла решение о возможности присуждения Крохину Георгию Борисовичу ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.21 – «Геоэкология».

При проведении тайного голосования экспертная комиссия в количестве 5 человек, участвовавших в заседании, из 5 человек, входящих в состав комиссии, проголосовала: за – 5, против – нет, недействительных бюллетеней – нет

Председатель Экспертной комиссии



Коликов К.С.

28.09.2026