



Директор ИВЭП СО РАН

«21» сентября 2026 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертацию **ФАСАХОВА** Михаила Александровича

Соискатель вместе с руководителем ставит задачу повысить

Выполненное исследование базируется на значительном фактурном

Работа состоит из введения, пяти глав, заключения и списка

Во *Введении* соискатель приводит все обязательные к рассмотрению

степень разработанности научной проблемы, методы изучения, информационная база исследования, научная новизна, степень достоверности полученных результатов и их апробация, личный вклад, теоретическая и практическая значимость; обсуждается соответствие работы паспорту специальности, приводятся защищаемые положения, структура и объём диссертации.

В *Главе 1* на основе обзора научной литературы по проблеме диффузного загрязнения водных объектов показано, что изучение диффузного загрязнения, включая природную и антропогенную составляющие, классификацию источников загрязнения (точечные и неточечные), а также особенностей поступления биогенных элементов с сельскохозяйственных, урбанизированных и промышленных территорий является важным вопросом современной науки. В главе дана сравнительная характеристика моделей SWAT, MODFLOW, HSPF, ECOMAG, ЛГМ-2 и др. Обоснован выбор ландшафтно-гидрологической модели ЛГМ-2 для оценки диффузного стока биогенных веществ с водосборов Камского каскада.

Глава 2 посвящена характеристике природных и хозяйственных условий водосборных бассейнов Камского, Воткинского и Нижнекамского водохранилищ. Рассмотрены географическое положение, рельеф, геологическое строение, почвенный и растительный покров, гидрографическая сеть. Проанализированы климатические условия, включая температурный режим, снегозапасы, промерзание почв. Детально рассмотрена хозяйственная деятельность: сельское хозяйство (площади пашни, внесение удобрений, животноводство), промышленный комплекс, урбанизированные территории и добыча полезных ископаемых. Приведена характеристика исходных данных: гидрологических, гидрохимических, картографических материалов и статистических показателей. Рассмотрение комплекса факторов позволило адаптировать ЛГМ-2 к условиям водосборов Камских водохранилищ и выполнить расчеты диффузного стока с их территории.

В *Главе 3* рассмотрены сезонные и многолетние изменения водности и уровня режима, включая фазы весеннего наполнения, летне-осенней стабилизации и зимней сработки. Выполнен анализ внутригодового распределения притока и расхода воды для среднего по водности (2014 г.), многоводных (2017, 2019 гг.) и маловодного (2021 г.) годов. Установлено, что изменчивость водности года не нарушает общей внутригодовой структуры водного баланса, но существенно влияет на режим сработки-наполнения, который определяет условия разбавления, аккумуляции и транзита загрязняющих веществ.

В *Главе 4* проанализирована пространственно-временная изменчивость гидролого-геохимических характеристик водохранилищ Камского каскада. Рассмотрены изменения концентраций загрязняющих веществ (аммоний-ион, нитраты, нитриты, фосфаты, железо общее) по сезонам и по длине каскада. Выполнен расчет масс загрязняющих веществ в водохранилищах (по 17 показателям) для лет разной водности. Проведена комплексная оценка качества воды с использованием удельного комбинаторного индекса загрязнения воды (УКИЗВ). Показано, что качество воды во всех водохранилищах стабильно не соответствует рыбохозяйственным нормативам, при этом выявлен компенсационный механизм: в многоводные годы доминирует диффузный смыл, в маловодные – точечные сбросы.

В *пятой главе* представлены результаты анализа гидролого-геохимических процессов на водосборах водохранилищ Камского каскада с применением ландшафтно-гидрологической модели ЛГМ-2. Изложена методология и адаптация модели к условиям исследуемых водосборов, включая разработку ГИС-обеспечения и методику пространственной привязки статистических данных. Выполнена оценка современного диффузного загрязнения: рассчитан вынос азота и фосфора по типам ландшафтов (пашня, сельхозугодья с уплотненной почвой, леса, овражно-балочная сеть, пойма, урбанизированные территории) для лет разной водности. Проведено сравнение вклада диффузного стока, точечных сбросов и прямой антропогенной нагрузки. Выполнен прогноз диффузного загрязнения до 2050 г. по сценариям SSP2-4.5 и SSP5-8.5 (CMIP6), показавший сокращение выноса биогенов на 0,6–2,8% за счет доминирования социально-экономических факторов над климатическими. Разработаны рекомендации по внедрению природоохранных мероприятий, включая создание буферных зон, точное земледелие, зеленую инфраструктуру в городах и локальные очистные сооружения в сельской местности.

В *Заключении* приведены основные результаты исследования, сформулированные в виде шести ключевых выводов, соответствующих поставленным задачам: выявлены закономерности формирования гидролого-геохимических процессов; установлена дифференциация источников загрязнения по водохранилищам; выполнена адаптация и верификация модели ЛГМ-2; показан компенсационный механизм биогенного загрязнения; даны прогнозные оценки снижения выноса биогенов к 2050 г.; предложены природоподобные мероприятия по снижению диффузного загрязнения.

Следует отметить, что диссертационная работа хорошо структурирована, написана грамотным научным языком. Автореферат соответствует диссертации. *Полученные результаты достаточно полно*

опубликованы в профильных географических журналах, рекомендованных ВАК, а также цитируемых в международных базах, в частности Scopus.

Научной новизной обладают следующие результаты: предложенная методика учета вклада хозяйственной деятельности регионов в диффузное загрязнение территории водосборов Камских водохранилищ при ландшафтно-гидрологическом моделировании; комплексная оценка диффузного загрязнения с применением ЛГМ-2 на примере водосборов Камского каскада; выявленные закономерности усиления диффузного загрязнения в экстремальные по водности годы, обусловленные снижением разбавляющей способности водных объектов при сохранении или росте абсолютного выноса загрязняющих веществ с их водосборов; разработанный методический подход к прогнозу диффузного загрязнения с учетом сценариев изменения климата и хозяйственной деятельности, интегрированный в модель ЛГМ-2, позволяющий оценить эффективность природоохранных мероприятий.

Представленные в диссертации методические разработки могут быть использованы в научных и проектных организациях. Полученные практические результаты с региональной оценкой диффузного стока и загрязнений будут востребованы при разработке «Водохозяйственного паспорта бассейна реки Камы» (КамБВУ), а также при формировании региональных программ по снижению диффузного загрязнения (Министерство природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Пермского края). Результаты исследования уже используются при проведении занятий по курсам: «Охрана и мониторинг поверхностных вод суши», «Водохозяйственные расчеты» в Пермском государственном национальном исследовательском университете на кафедре гидрологии и охраны водных ресурсов.

Вместе с тем, при рецензировании работы возникли ряд вопросов и замечаний:

1. В 1-ом защищаемом положении сказано, что «высокий уровень загрязнения вод биогенными элементами обеспечивается *сменой доминирующих источников их поступления – диффузного смыва с сельскохозяйственных угодий в многоводные годы и точечных коммунальных сбросов в маловодные*». Данное утверждение основано на анализе данных мониторинга и, на наш взгляд, выглядит несколько тривиально. Однако расчёты по модели (2 защищаемое положение) показывают, что «основными источниками поступления азота и фосфора являются лесные угодья (...) и сельскохозяйственные ландшафты (...), при этом *их доминирование не зависит от водности года*». С чем связано и как объясняется данное противоречие?

2. Используемая в диссертации модель ЛГМ-2 адаптирована к условиям равнинных водосборов, а именно **Восточно-Европейской равнины**. Калибровка и верификация выполнены на водосборах рек Кудьма и Линда – притоках реки Волги. При этом часть водосборов Камского каскада существенно отличается по физико-географическим условиям, в первую очередь, геологическому строению и рельефу (включая предгорья и западный склон Уральских гор). Насколько обоснована экстраполяция калибровочных параметров модели на горные водосборы Камы? В работе сказано, что адаптация автором модели ЛГМ-2 к бассейнам Камского каскада включала доработку методики пространственной привязки статистических данных и ГИС-обеспечение. А проводилась ли независимая верификация модели непосредственно на горных и предгорных водосборах Камского каскада?

3. В Разделе 4.2. расчет массы загрязняющих веществ и оценка их связи с водностью года выполнены на основе анализа данных трех лет: среднего по водности, многоводного и маловодного. На основании этого сделан вывод о том, что «нельзя однозначно утверждать о наличии тесной корреляции между массами ЗВ и объемом воды, поступающей в водохранилища с водосборной площади». Данное заключение нельзя ни доказать, ни отвергнуть на использованном материале, потому что выборка из трех лет недостаточна для корреляционного анализа. Было бы целесообразно расширить выборку, учитывая, что в распоряжении автора имеются гидрохимические данные за 2005–2022 гг. (Камское, Воткинское) и 2003–2022 гг. (Нижнекамское водохранилище). Кроме того, водохранилища Камского каскада имеют значительное время водообмена, поэтому концентрации в момент отбора отражают не только поступление загрязняющих веществ в данном году, но и накопленный эффект предыдущих лет. Анализ по трем годам не может учитывать влияние этого эффекта.

4. На с. 114 указано «Вторым направлением адаптации стала разработка автоматизированного ГИС-обеспечения модели». На с. 140 «Разработанное ГИС-обеспечение позволяет автоматизировать расчёт выноса биогенов в тоннах по каждому водосбору». Из текста диссертации не ясно, разработано ли дополнительное программное обеспечение (расчетные модули или инструменты) в рамках программных продуктов ArcGIS, QGIS, или же созданы ГИС-проекты на основе сформированной базы данных и с использованием встроенных инструментов названных программных продуктов?

5. Не совсем корректна фраза: «Сценарное прогнозирование по модели ЛГМ-2 (CMIP6, SSP2-4.5, SSP5-8.5) показало... » (с. 9). Так как ЛГМ-2

напрямую не использует сценарии CMIP6, SSP2-4.5, SSP5-8.5, то правильнее указать: Прогнозирование по модели ЛГМ-2 с учетом сценариев изменения климата (CMIP6, SSP2-4.5, SSP5-8.5)...

Аналогично. «Выполнен прогноз диффузного загрязнения до 2050 г. по сценариям SSP2-4.5 и SSP5-8.5 (CMIP6),...» на с. 12.

6. На с. 16, по всей видимости, неверно указано превышение ПДК: «Очень сильно загрязнен этими веществами талый поверхностный склоновый сток **50100** ПДК по алюминию, нефтепродуктами и железу». В цитируемом источнике указано: «Сильно загрязнен алюминием весенний поверхностный склоновый сток, поступающий в ливневку (почти до 3 мг/дм³)». При этом ПДК для алюминия составляет 0.04 мг/дм³. В этом случае вряд ли получится 50100 ПДК?!

7. Следует отметить ряд некорректных ссылок на используемые источники, а возможно и некоторую путаницу в литературных источниках. Непонятно, чем она вызвана?

- На с. 31 упоминается «Модель ИНЦ РАН им. Л.И. Кондратьева (для озёр и водохранилищ). Разработана в Институте озероведения РАН (С.А. Кондратьев, М.В. Шмакова)». По-видимому, речь идет о комплексе моделей, разработанных Институтом озероведения РАН (ИНОЗ РАН, ныне ИНОЗ РАН — СПб ФИЦ РАН), корректная ссылка: *Кондратьев С.А., Шмакова М.В. Математическое моделирование массопереноса в системе водосбор–водоток–водоём. СПб: Нестор-История, 2019, 246 с.*

- На с. 15: «Оценкой загрязнения, поступающего диффузным путем в разных формах (растворенных и на взвесах) с территории крупного промышленного центра Волжского бассейна Нижнего Новгорода, занимались Кашутина Е.А., Ясинский С.В. и Сидорова М.В. (2021) в своей работе «Диффузное загрязнение водных объектов на территории большого города». С указанными выходными данными опубликована статья Буренина, Т.А. Влияние климатических изменений на гидрологический режим северных рек Красноярского края / Т.А. Буренина, Д.А. Прысов, А.В. Мусохранова // География и природные ресурсы. 2021. Т. 42, № 3. С. 113-121. DOI 10.15372/GIPR20210312. При этом статья авторов Е.А. Кашутина и др. с похожим названием опубликована в источнике: *Кашутина, Е.А. Диффузное загрязнение водных объектов на территории большого города / Е.А. Кашутина, С.В. Ясинский, М.В. Сидорова // Водные и экологические проблемы Сибири и Центральной Азии: Материалы IV Всероссийской научной конференции с международным участием, Барнаул, 29 августа – 03 сентября 2022 года. Том 2. Барнаул: ООО "Пять плюс", 2022. С. 62-68.*

• На с. 18 «Манжина С.А. и Матвиенко А.О. (2020) в своей работе «Российский и зарубежный опыт компьютерного моделирования диффузного стока и его последствий», но ссылка отсутствует в списке литературы.

8. На страницах 107-113 дается «Общая характеристика и принципы работы модели ЛГМ-2», которая используется для водосборов **Камских** водохранилищ. Тогда не совсем понятна фраза на с. 110 «Предполагается, что всё городское население водосбора **Чебоксарского** водохранилища имеет доступ к центральной канализации и в расчётах диффузного стока не учитывается...».

9. На с. 110 приведена формула (5)

$$Y_{i4}=f(Y_{i1}) \quad (5)$$

Какой вид функции f использовался?

10. В тексте диссертации также имеются досадные технические ошибки. Например, на стр. 118 абзац «Доминирование сельскохозяйственных ландшафтов...» повторяется дважды.

Сделанные замечания имеют частный характер, не снижают качество и уровень представленных в работе научных результатов и не влияют на общую положительную оценку диссертации.

Заключение. На основании содержания диссертации и автореферата можно сделать вывод о том, что представленное диссертационное исследование является законченной научно-квалификационной работой и соответствует требованиям п.9-12, 13, 14 «Положения о присуждении учёных степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации» №842 от 24.09.2013 г. (с подселяющими редакциями), предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, а её автор, Фасахов Михаил Александрович, за развитие представлений о формировании диффузного стока и выявление закономерностей гидролого-геохимических процессов на примере водосборов Камских водохранилищ заслуживает присуждения искомой учёной степени кандидата географических наук по специальности 1.6.16 – Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия.

Отзыв ведущей организации заслушан и одобрен на совместном семинаре лаборатории водных ресурсов и водопользования и лаборатории гидрологии и геоинформатики ИВЭП СО РАН, протокол заседания № 14 от 17.09.2026 г. Присутствовало на семинаре 12 человек. Результаты голосования: за – 12, против – 0, воздержавшихся – 0.

Рыбкина Ирина Дмитриевна

доктор географических наук

(специальность 25.00.36 «Геоэкология»),

доцент ВАК по специальности «Геоэкология»,



ведущий научный сотрудник,
зав. лабораторией водных ресурсов и
водопользования ФГБУН Института водных и
экологических проблем СО РАН
г. Барнаул, 656038, ул. Молодёжная, 1.
Тел. (3852) 666-506
E-mail: irina.rybkina@mail.ru

Я, Рыбкина Ирина Дмитриевна, даю согласие на включение и обработку
своих персональных данных в документы, связанные с работой
диссертационного совета.

Самойлова Светлана Юрьевна
кандидат географических наук,
(специальность 25.00.25 «Геоморфология и эволюционная география»)
Старший научный сотрудник
Лаборатории гидрологии и геоинформатики
ФГБУН Института водных и
экологических проблем СО РАН
г. Барнаул, 656038, ул. Молодёжная, 1.
Тел. (3852) 666-506
e-mail: bastet@iwer.ru

Я, Самойлова Светлана Юрьевна, даю согласие на включение и обработку
своих персональных данных в документы, связанные с работой
диссертационного совета.

Подписи Рыбкиной И.Д., Самойловой С.Ю. заверяю
Учёный секретарь, к.ф.-м.н.

Д.Н. Трошкин

