

ОТЗЫВ официального оппонента
на диссертацию на соискание ученой степени
кандидата географических наук Денисовой Ирины Сергеевны
на тему: «Гидрологический режим рек Московской агломерации
(на примере р. Сетунь)» по специальности 1.6.16. Гидрология суши,
водные ресурсы, гидрохимия

Актуальность темы диссертации несомненна. В представленной работе комплексно рассматриваются факторы и процессы переноса воды и взвешенных веществ в бассейнах малых городских рек. Во всем мире в последние десятилетия ускорились процессы урбанизации, сопровождающиеся локальной концентрацией населения и значительными и далеко не всегда благоприятными изменениями природных процессов, в том числе связанных с формированием водных ресурсов. Для Москвы эти тенденции особенно актуальны в связи с быстрым ростом населения, активной застройкой, сопровождающейся глубокой трансформацией ландшафтной структуры водосборов и гидрографической сети. В результате изменяются составляющие водного баланса территории, режим стока, эрозия, русловые процессы, качество воды, что, в свою очередь, влияет на качество жизни жителей города. К сожалению, большой проблемой даже в Москве до последнего времени являлась неполнота или отсутствие мониторинга переноса воды и связанных с ней веществ, особенно на водосборах и в гидрографической сети малых городских водных объектов. Проводившиеся ранее исследования в основном были нацелены на изучение отдельных процессов переноса воды и оценку ее качества. Комплексные же исследования всей системы массообмена в водной среде Москвы и других российских городов практически не проводились. Это затрудняло разработку систем принятия хозяйственных и природоохранных решений, купирования рисков для общества, связанных с водной средой. Результаты представленной работы важны не только для оценки водных проблем реки

Сетуни и ее водосбора, но и закладывают методическую основу для будущих системных исследований городских рек.

Главные научные результаты диссертации:

1. Впервые продемонстрирована важность внедрения на сети мониторинга новых измерительных средств контроля для обеспечения высокочастотных наблюдений за стоком воды и взвешенных наносов малых городских рек, которым свойственна быстротечность формирования и прохождения паводков. Выполнены оценки ошибок определения стока воды при стандартных методах измерения (однократно или дважды в сутки). По данным автора, отклонения в определении суточного расхода воды р. Сетунь в сравнении с высокочастотными измерениями могут достигать 500% при однократном измерении и почти 90% при двукратном измерении за сутки по стандартной методике. Полученный результат может лечь в основу уточнения возможных ошибок определения расходов воды паводков на малых городских водосборах, а также разработки новых программ мониторинга для водосборов, для которых характерно формирование «быстрого» стока.

2. Впервые для городских рек получены и обработаны продолжительные (за 7 месяцев) ряды мутности воды с частотой записи от 1 до 10 минут, вместе с данными отборов проб взвешенных наносов (195 проб, собранных в течение 4 лет), позволившие получить наиболее детальную картину формирования стока наносов городских малых рек в РФ.

3. Впервые получены оценки трансформации современного водного режима притоков реки Москвы в условиях продолжающегося потепления и роста антропогенной нагрузки. Важная особенность гидрологического режима р. Сетунь – формирование летом кратковременных дождевых паводков с пиковыми расходами, превышающими максимум весеннего половодья. В целом для этой реки характерны очень быстрые и очень резкие подъемы уровней воды (иногда более чем на 1 м за 1 час) – явление, неизвестное ранее для городских рек, далеко не всегда объясняющееся

выпадением осадков на водосборе, часто связанное с техногенными сбросами. Доля весеннего половодья в годовом стоке Сетуни в современный период изменялась от 4 до 12%, тогда как доля дождевого стока составляла от 15 до 35%. По сравнению с 1980-ми годами доля весеннего половодья в годовом стоке городской реки снизилась, что связано как с учащением зимних оттепелей, так и с вывозом снега на снегоплавильные пункты. Около 65% речного стока Сетуни сейчас приходится на так называемый «базисный» сток, получаемый на гидрографе срезкой паводкового стока и волны половодья. В естественных условиях это соответствует подземному стоку, но в городе к нему относится не только естественное питание природными подземными водами из дренируемых рекой водоносных горизонтов, но и поступление воды из специфических городских техногенных источников (утечки из систем водоснабжения и канализации, сбросы и пр.). По данным автора работы, сбросы сточных вод в бассейне Сетуни формируют 25% годового речного стока. Среднегодовой расход воды городской реки выше, чем на реке-аналоге в естественных условиях. При этом максимальный расход воды на естественном водосборе вдвое превышает годовые максимумы в городе и все еще, несмотря на произошедшие климатические изменения, приходится на период весеннего половодья.

4. В городской реке выявлено значительное общее увеличение мутности воды и модуля стока взвешенных наносов по сравнению с региональными показателями. Впервые получено распределение речной взвеси по размерам в городской реке и дано ему объяснение. В целом в воде Сетуни распределение взвеси по размерам имеет двухмодальный характер и смещено в сторону тонкодисперсных фракций. В составе речной взвеси городской реки вне зависимости от фазы водного режима преобладают мелкодисперсные частицы размером менее 0,05 мм. Это подтверждает значительную роль антропогенных источников – дорожной пыли и сточных вод – в формировании потоков взвешенных веществ в городской реке.

Доминирование антропогенных источников в поступлении наносов в Сетунь подтверждается и характером изменения мутности в виде резких всплесков концентрации при малых изменениях расходов воды.

5. С использованием динамической моделирующей системы формирования стока Storm Water Management Model (SWMM), разработанной Агентством по охране окружающей среды США с учетом особенностей городских территорий, и на основе 10-минутных данных об интенсивности осадков впервые для малых рек Москвы создана и откалибрована гидрологическая модель, удовлетворительно воспроизводящая формирование паводочного стока р. Сетунь с шагом по времени в 30 минут.

Основные защищаемые положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, достоверны и обоснованы, во-первых, большим объемом исходного материала, использованным автором в работе. Эти данные в значительной мере получены во время собственных полевых наблюдений, основанных на современных методах высокочастотного гидрологического мониторинга с помощью логгеров и фотоловушки. Привлечены данные о структуре подстилающей поверхности водосбора, полученные автором при обработке спутниковых снимков, многолетние гидрометеорологические ряды для района исследований, данные радаров гидрометслужбы о выпадении осадков, информация об использовании воды в бассейне Сетуни, о расположении и характеристиках водохозяйственных объектов на водосборе. Во-вторых, диссертант применила современные методы обработки исходной информации, в том числе лабораторные, статистические, геоинформационные, воднобалансовые, а также методы математического моделирования. Выбранный автором модельный объект исследования, бассейн реки Сетунь, крупного правого притока р. Москвы, репрезентативен для г. Москвы, поскольку расположен почти полностью в пределах городской черты, охватывает все основные типы землепользования города, а сама река имеет открытое русло на большей части своего протяжения.

Глубина проработки поставленных задач и продемонстрированная высокая научная квалификация диссертанта не вызывают никаких сомнений в высоком качестве представленной работы.

Результаты диссертации докладывались на российских и международных конференциях, опубликованы в 4 работах, из которых 3 статьи в рецензируемых российских и зарубежных научных изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ.016.2 по специальности 1.6.16. Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия (по географическим наукам).

Диссертация хорошо оформлена и хорошо написана, состоит из введения, 6 глав, заключения, перечня сокращений, списка литературы из 195 источников (из них 101 на русском языке и 94 на английском языке) и 4 приложений. Диссертация содержит 68 рисунков и 31 таблицу. Объем диссертации 158 страниц, основной текст изложен на 150 страницах.

Во Введении сформулирована цель работы, обоснована ее актуальность, перечислены задачи, решаемые в рамках исследования, определены объект и предмет исследования, продемонстрированы научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, раскрыты методологическая база и методы исследования, сформулированы основные защищаемые положения диссертации, оценен личный вклад автора в работу, приведена информация об апробации полученных результатов, дана информация о структуре и объеме диссертации, приведены благодарности за поддержку и помощь при написании работы.

В главе 1 рассмотрены особенности формирования гидрологического режима городских рек, развитие городской гидрологии как науки в России и в мире. Показана степень изученности проблемы для г. Москвы, отмечено, что комплексные исследования гидрологического режима рек Московской агломерации в условиях интенсивной урбанизации остаются относительно редкими. Рассмотрена сложившаяся система мониторинга водных объектов в Московском регионе, совершенно недостаточная для Москвы, особенно в

части исследований малых городских рек. Отмечено начало внедрения на гидрометеорологической сети датчиков качества и уровней воды с высокой степенью временной дискретности.

Рассмотрены основные факторы трансформации водного режима и стока наносов в условиях урбанизации: 1) климатические изменения: формирование «острова тепла» над городами, рост ливневых осадков; 2) изменения ландшафтной структуры, уничтожение или трансформация естественного почвенного и растительного покрова, создание насаждений и почв с заданными человеком свойствами, рост доли водонепроницаемых поверхностей; 3) создание систем водопользования и водоотведения и возможность утечек воды из водопроводных сетей и коллекторов сточных вод; 4) изменение структуры поверхностной и подземной гидрографической сети городов; 5) хозяйственная деятельность на водосборах, включающая вывоз снега, строительство, откачки подземных вод и пр. В конце главы, в таблице 1.2, на основе обобщения мирового научного опыта, автор предложила собственную систематизацию последствий рассмотренных воздействий, в том числе в количественных показателях, на режим поверхностных и подземных вод, сток наносов в городской среде.

Во главе 2 дана характеристика объекта исследования – р. Сетуни и ее водосбора. По данным спутниковых снимков оценена ландшафтная структура водосбора, выделены доли проницаемых и непроницаемых поверхностей. Представлены данные по водопользованию и сбросам сточных вод, местам водовыпусков, расположению снегоплавильных пунктов и системам очистных сооружений в бассейне Сетуни. Рассмотрены гидроклиматические особенности бассейна Сетуни, специфика развития русловых процессов в условиях антропогенных трансформаций.

В главе 3 приведены характеристики комплексной мониторинговой сети в бассейне р. Сетунь, организованной в 2019 году силами географического факультета МГУ, в создании и обеспечении работы которой принимала непосредственное участие диссертант. Рассмотрены

использованные в работе методы обработки метеорологических данных, расчленения гидрографа стока, способы валидации пиковых расходов, специальные статистические процедуры для предварительной фильтрации данных наблюдений и пространственной интерполяции осадков. Сток взвешенных наносов оценивался по данным с логгеров мутности воды, лабораторным анализам массы взвесей и по анализу гранулометрического состава методом лазерной дифракции. Выполнена оценка влияния использования высокочастотного мониторинга на точность определения суточных расходов воды по сравнению с традиционными методами наблюдений.

В главе 4 дана оценка многолетних изменений водного стока р. Сетунь, рассмотрены современные особенности сезонного стока городской реки и факторы его формирования, а также отличия режима стока городской реки и реки-аналога, существующей в условиях минимальной антропогенной нагрузки.

В главе 5 рассмотрены пространственно-временные закономерности формирования режима мутности воды р. Сетунь, особенности гранулометрического состава взвешенных веществ и показано доминирование антропогенных источников в поступлении наносов в водные объекты.

В главе 6 предпринята попытка создания модели формирования водного стока и смыва взвешенных частиц с территории водосбора р. Сетунь на основе программного комплекса SWMM. Водосбор Сетуни на основе цифровой модели рельефа и с учетом свойств подстилающей поверхности разбит на 20 подводосборов. По 16 паводкам проведена калибровка параметров модели. Выявлены ключевые калибровочные параметры, такие как доля непроницаемых поверхностей и наличие водоудерживающих объектов (прудов). Для оценки результатов моделирования применялись статистические показатели: относительная погрешность воспроизведения максимумов и коэффициент детерминации между фактическими и

смоделированными значениями. Лучше всего модель воспроизводит паводки с максимальными расходами от 10 до 20 м³/с. Значительное влияние на качество моделирования оказывает пространственная неравномерность атмосферных осадков, не всегда воспроизводимая использовавшимися интерполяционными процедурами. Наилучшие результаты при моделировании смыва были получены для паводков с большим интервалом времени между выпадением осадков. Однако при непрерывном моделировании возможны значительные ошибки (до нескольких сотен процентов) в оценке поступления наносов в водные объекты.

В Заключение сформулированы основные результаты и выводы диссертационного исследования.

Вопросы и замечания.

1. Для чего было необходимо использовать в работе 3 разных классификации поверхности водосбора Сетуни? Как они соотносятся между собой? Например, в табл. 2.1 выделено 9 типов землепользования (природные заказники, земли под застройку (заброшенная территория, которая ранее использовалась, или незастроенная территория, которую планируется построить), кладбища, строительные площадки, промышленные зоны, свалки, водоёмы, жилые зоны, лесные массивы), и там же отдельно выделены водопроницаемые и водонепроницаемые поверхности. Далее, в главе 6, возникают 5 новых типов землепользования: жилые зоны, промышленные зоны, коммерческие зоны, незастроенные зоны и прочие территории.

2. Удивило утверждение автора, что урбанизация начала локально влиять на климатические показатели Москвы только с начала 21 века (с. 45: «Урбанизация практически не влияла на микроклимат Москвы до начала XXI в., когда температура в Москве и Подмоскowie росла с почти одинаковой скоростью. С начала 2000-х годов в Москве заметно усилилось потепление, что выражается в росте интенсивности городского острова тепла»). Это противоречит собственным выводам автора о влиянии застройки, развития

промышленности и увеличения доли непроницаемых поверхностей на климатические особенности городов. Между тем Москва еще в конце XIX века превратилась в крупный промышленный город с миллионным населением.

3. В работе не рассмотрены критерии выбора использованных статистических методов: применения фильтра Савитцки-Голея для устранения выбросов и сглаживания временных рядов и использования метода кригинга для интерполяции данных об осадках. Нет обоснования в работе и выбора в качестве основы для моделирования стока и выноса взвесей с водосбора именно программного комплекса SWMM.

4. Автор пишет о проведенной верификации модели стока и смыва взвеси с водосбора, но осталось не совсем понятным, была ли она проведена, поскольку обычно под верификацией подразумевается проверка калиброванной модели на независимом материале.

5. На рисунке 3.10 «Разница между среднесуточным значением расхода воды при измерении в (1) 8 ч – 1 раз в день, (2) 8 и 20 ч – 2 раза в день, (4) 8, 14, 20, 24 ч – 4 раза в день, и фактическими измерениями» не хватает обозначений. Без привлечения таблицы 3.2 разобраться затруднительно.

Вместе с тем указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует специальности 1.6.16. Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия (по географическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1–2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова, и оформлена согласно требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Таким образом, соискатель Денисова Ирина Сергеевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата географических наук по специальности 1.6.16. Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия.

Официальный оппонент:

кандидат географических наук,
и.о. заведующей лабораторией гидрологии
ФГБУН Институт географии
Российской академии наук

КАШУТИНА Екатерина Александровна  «9» декабря 2025 г.

Контактные данные:

Тел.: +7(499)129-04-74, e-mail: kashutina@igras.ru
Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация:
25.00.27. Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия

Адрес места работы:

119017, г. Москва, Старомонетный пер., д. 29, стр. 4,
ФГБУН Институт географии РАН, лаборатория гидрологии
Тел.: +7(495)959-00-22, e-mail: direct@igras.ru

Подпись сотрудника лаборатории гидрологии ФГБУН Институт географии
Российской академии наук Е.А. Кашутиной удостоверяю:

