

## ОТЗЫВ

**официального оппонента на диссертацию С. Ю. Лупакова «Влияние изменений режима осадков на паводковый сток бассейна р. Уссури: оценка на основе динамико-стохастического моделирования», представленную на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 25.00.27 – гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия.**

В условиях современного глобального потепления климата в различных регионах России отмечается учащение экстремальных гидрологических явлений и усиление их размаха, что приводит как к существенному росту экономического ущерба, так и к человеческим жертвам. Эта тенденция наблюдается и в тех регионах России, которые подвержены воздействию экстремальных наводнений, к которым относится и Дальний Восток. При этом значительные негативные последствия наводнений характерны не только для самых крупных рек, но и для бассейнов средних и небольших рек. Есть вероятность, что в течение XXI века в результате антропогенного потепления климата тенденция нарастания частоты экстремальных гидрологических явлений может продолжиться. Поэтому актуальность темы диссертации как научная, так и практическая, не вызывает сомнений.

Главные достижения и новизна.

1. Впервые разработана методология моделирования дождевых паводков, включающая в себя модель формирования паводков малого речного бассейна (Flood Cycle Model, FCM); регионально-адаптированную стохастическую модель атмосферных осадков; результаты анализа многолетних гидроклиматических изменений и типизацию характера паводкового стока конкретных лет. Разработанный комплексный подход успешно апробирован на примере рек бассейна Уссури. На большом массиве данных наблюдений показано, что такой подход позволяет удовлетворительно воспроизводить характеристики дождевых паводков различной обеспеченности в условиях современного климата, а также прогнозировать дождевые паводки и оценивать их изменения, возможные в условиях сценарного антропогенного потепления климата.
2. Усовершенствована региональная стохастическая модель атмосферных осадков, которая основана на учете типичных синоптических ситуаций, в основу выделения которых положена классификация характера паводкового стока юга Дальнего Востока. Она позволила получить более адекватное сезонное распределение атмосферных осадков и улучшить расчеты дождевых паводков.
3. Впервые получены детальные оценки изменений характеристик дождевых паводков в бассейне Уссури, обусловленных сценарным антропогенным потеплением глобального климата для условий текущего столетия.

4. Расчеты, выполненные на модели формирования дождевых паводков, позволили установить, что увеличение норм суммы атмосферных осадков за июнь-сентябрь приводят к значительно большему росту (в относительном выражении) норм характеристик дождевых паводков за этот сезон.

Диссертация состоит из шести глав, введения, заключения, списка литературы и двенадцати приложений. Материал представлен на 215 страницах текста, включая 22 таблицы, 55 рисунков и 12 приложений. Список использованных источников включает в себя 190 наименований.

Во введении диссертации обоснована актуальность темы, поставлена цель работы и сформулированы основные задачи исследований, представлены основные защищаемые положения, показана научная новизна и практическая значимость полученных результатов.

В первой главе «Условия развития наводнений на реках бассейна Амура» дается весьма обстоятельная физико-географическая и климатическая характеристика региона исследований, включая особенности муссонной циркуляции в атмосфере. Проведен анализ формирования дождевых паводков и наводнений в бассейне Амура.

Во второй главе «Глобальные и региональные изменения климата» выявлены закономерности многолетних региональных изменений температуры воздуха и атмосферных осадков в условиях современного климата на основе выявления линейных трендов. Они рассмотрены на фоне особенностей их изменений в основных регионах мира. Проведенный анализ позволил автору сделать важный вывод о том, что метеорологические условия и гидрологический режим теплого сезона года Юга Дальнего Востока в период наблюдений можно считать стационарным.

В последующих трех главах детально изложены методологические основы подхода к моделированию дождевых паводков в условиях Юга Дальнего Востока.

В третьей главе «Математическая модель формирования стока» охарактеризован динамико-стохастический подход к расчетам паводочного стока, в котором объединены детерминированные физические модели формирования стока и стохастические модели генерирования рядов входных метеорологических характеристик. Дано детальное (с учетом материала, содержащегося в Приложении 2) описание модели формирования дождевых паводков малого речного бассейна - Flood Cycle Model (FCM). Она представляет собой воднобалансовую модель стока с сосредоточенными параметрами, которая позволяет воспроизводить формирование дождевых паводков в условиях полного влагонасыщения водосбора. В этой же главе дана характеристика метода прогноза стока рек площадью водосбора до ста тысяч квадратных километров с преобладанием

паводочного режима, который также основан на модели FCM, используемой для расчетов стока бассейнов притоков главной реки и трансформации расчетных расходов в русловой сети до замыкающего створа на основе интеграла свертки. Эта прогнозная методика успешно используется в оперативной практике Приморского и Дальневосточного УГМС.

В четвертой главе «Подготовка моделирующей системы к расчетным экспериментам» детально характеризуется процедура параметризации модели FCM. Параметры модели определялись главным образом на основе анализа многолетних рядов наблюдений за суточными атмосферными осадками и стоком. Параметры добега по русловой сети калибровались с использованием рядов данных наблюдений за расходами воды. Калибровочные процедуры были использованы и для корректировки оценок основных параметров FCM. Качество моделирования оценивалось на основе коэффициента Нэша-Сатклифа. Результаты показали, что модель воспроизводит характеристики паводков хорошо и удовлетворительно. При этом, для маловодных лет качество модельных оценок ниже. Детальная оценка чувствительности модели к изменению атмосферных осадков и начальным характеристикам увлажнения водосборов позволила установить, что модельные оценки характеристик стока наиболее чувствительны к изменению атмосферных осадков теплого сезона.

В пятой главе «Моделирование стока с использованием стохастической модели осадков» приведены результаты оценки качества стохастической модели атмосферных осадков на основе сопоставления модельных и эмпирических кривых статистического распределения атмосферных осадков и ее усовершенствования на основе учета типичных синоптических ситуаций. Подготовленная версия модели позволила улучшить воспроизведение внутрисезонной динамики дождевых осадков в регионе. На основе гипотетических сценариев роста температуры воздуха, испарения и атмосферных осадков и численных экспериментов на модели FCM удалось выявить, что увеличение максимальных расходов воды и объемов стока дождевых паводков гораздо более заметно, чем рост атмосферных осадков - главного фактора формирования дождевых паводков в регионе.

Глава 6 «Моделирование стока с использованием данных глобальных климатических моделей» посвящена оценке возможных изменений характеристик дождевых паводков в условиях антропогенного потепления климата в течение XXI века. В качестве сценариев климатических изменений были использованы результаты расчетов на пяти глобальных климатических моделях, включенных в проект ISI-MIP (Inter-Sectoral Impact Model Intercomparison Project), которые были проведены для семейств сценариев RCP (Representative Concentration Pathway), принятыми МГЭИК. В результате большого числа

расчетов, проведенных на модели формирования дождевых паводков, и данных климатических сценариев, которые были трансформированы на основе процедур даунскейлинга, получена детальная оценка изменений характеристик дождевых паводков региона, возможных при антропогенном потеплении климата в текущем столетии. Расчеты, выполненные на модели формирования дождевых паводков, позволили установить, что увеличение сценарных норм суммы атмосферных осадков приводит к значительно большему росту (в относительном выражении) норм характеристик дождевых паводков.

В заключение диссертации изложены основные результаты проведенного исследования.

В двенадцати приложениях содержится текстовый и табличный материал, рисунки и схемы. Включение приложений вполне оправдано, так как они детализируют результаты исследований, приведенные в главах диссертации. В них приведены результаты анализа многолетних гидрометеорологических характеристик; описание модели дождевых паводков малого речного бассейна (Flood Cycle Model, FCM); а также результаты численных экспериментов, проведенных на модели дождевых паводков, для анализа ее чувствительности к изменениям входных данных, параметров и начальных условий и результаты оценки изменений характеристик паводочного стока, обусловленных сценарными изменениями климата.

Диссертационная работа содержит оригинальные и в достаточной мере обоснованные и значимые в научном и прикладном отношении результаты. Ее автора отличает тщательность проработок материала.

Результаты диссертации нашли отражение в 11 публикациях (включая три из перечня, рекомендованного ВАК) и докладах на 9 научных конференциях (в том числе международных). Автореферат и публикации полностью отражают содержание диссертации и ее основные результаты.

В качестве замечаний к диссертационной работе С. Ю. Лупакова можно отметить следующее. Во многом их можно отнести к дальнейшему развитию и применению разработанной автором методологии.

Известно, что многолетние ряды атмосферных осадков характеризуются неоднородностью, связанной с заменой осадкомеров (в 1940-1950-х годах) и введением поправок на смачивание (с середины 1960-х годов). Кроме того, современная сеть приборов измерения атмосферных осадков размещена на равнинных и низкогорных территориях речных бассейнов. Она практически не охватывает горные территории,

которые занимают значительную часть водосборов, рассматриваемых рек, где формируется существенная часть их стока, в том числе дождевого.

Поэтому важно оценить, как эти обстоятельства могут повлиять на выявленные долговременные тенденции гидрометеорологических изменений и результаты их модельных расчетов.

Не вполне ясно, насколько применимы параметры модели формирования дождевых паводков, полученные для условий инструментальных наблюдений для сценарного климата (особенно для конца этого столетия).

Имеется также ряд замечаний редакционного характера. Так, в таблицах, в которых приведены значения характеристик, рассчитанных по данным многолетних гидрометеорологических наблюдений, желательно было бы указать границы периодов, для которых они рассчитаны (например, табл. 2 на стр. 41). Лучше использовать термин «атмосферные осадки», а не часто встречающиеся в тексте «осадки».

Сделанные замечания ни в коей мере не снижают общей весьма высокой оценки рецензируемой работы. Рассмотренная диссертация С. Ю. Лупакова «Влияние изменений режима осадков на паводковый сток бассейна р. Уссури: оценка на основе динамико-стохастического моделирования» представляет собой законченное оригинальное исследование, характеризуется новизной и имеет важное научное и практическое значение.

Считаю, что диссертация С. Ю. Лупакова «Влияние изменений режима осадков на паводковый сток бассейна р. Уссури: оценка на основе динамико-стохастического моделирования» соответствует квалификационным требованиям п. 7 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, а ее автор Сергей Юрьевич Лупаков заслуживает присуждения ученой степени кандидата географических наук по специальности 25.00.27– «гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия».

Официальный оппонент,  
ведущий научный сотрудник  
лаборатории гидрологии ИГ РАН,  
к.г.н.



А.Г.Георгиади

27 сентября 2019 г.

Адрес почтовый  
119017 г. Москва  
Старомонетный пер., 29, ИГ РАН  
Тел.: 7 (499) 129-74-09  
Эл. Почта: georgiadi@igras.ru

Подпись руки тов. \_\_\_\_\_  
заверяю

Зав. канцелярией  
Федеральное государственное бюджетное  
учреждение науки Институт географии  
Российской академии наук

