

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

Фроловой Натальи Леонидовны

на диссертацию Калугина Андрея Сергеевича

«Модель формирования стока реки Амур и ее применение для оценки возможных изменений водного режима»,

представленную на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 25.00.27 — *Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия.*

1. АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Актуальность диссертационного исследования связана с необходимостью разработки региональной гидрологической модели как в связи с анализом взаимосвязанных гидрометеорологических процессов на огромной территории бассейна Амура в условиях недостатка или отсутствия данных наблюдений за стокообразующими факторами и режимом стока рек, с оценкой влияния климатических изменений на перестройку атмосферных процессов и возможный рост повторяемости выдающихся дождевых паводков в этом регионе, так и с необходимостью создания надежных инструментов оценки противопаводковой роли действующих водохранилищ, анализа эффективности планируемых мероприятий по защите населения и объектов экономики от будущих наводнений в бассейне Амура. Особенно это актуальным стало после выдающегося наводнения 2013 г.

2. ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Диссертационная работа состоит из четырех глав, введения, заключения и двух приложений. Общий объем работы составляет 185 страниц машинописного текста, включая 23 таблицы и 134 рисунка. Библиографический список содержит 141 наименование.

Во **введении** представлена общая характеристика работы, обоснована актуальность темы исследования, сформулирована цель и задачи исследования, излагаются научная новизна, теоретическая и практическая значимость диссертационной работы, сформулированы положения, выносимые на защиту.

Целью диссертационного исследования является разработка физико-математической модели формирования речного стока с использованием глобальных баз данных о характеристиках бассейна, описывающей пространственно-временную изменчивость гидрологических процессов на всей территории бассейна р. Амур по стандартным данным метеорологического и водохозяйственного мониторинга. В соответствии с целью исследования в работе решался целый ряд задач, связанных с применением разработанной региональной модели для анализа условий формирования экстраординарного паводка 2013 г., оценки противопаводкового эффекта действующих и проектируемых водохранилищ на Среднем Амуре при разных гидрометеорологических условиях в речном бассейне; разработкой методов оценки возможных гидрологических последствий прогнозируемых изменений климата на основе численных экспериментов с

региональной гидрологической и глобальными климатическими моделями.

В **первой главе** приведено краткое физико-географическое описание бассейна Амура, сведения об особенностях формирования и статистике наводнений, дана общая информация о водохранилищах, расположенных на территории РФ и КНР, и их роли в борьбе с наводнениями. Приведен обзор существующих оценок изменений климата и речного стока в бассейне Амура по данным гидрометеорологических наблюдений. Автором проанализированы результаты исследований современного состояния климата и водных ресурсов, а также предвычисления их будущих изменений в рассматриваемом бассейне, полученных за последние годы с помощью глобальных климатических моделей отечественными и зарубежными учеными.

Во **второй главе** описана разработка и адаптация к натурным данным региональной модели формирования речного стока в бассейне Амура. Модель разработана автором на основе информационно-моделирующего комплекса ЕСОМАГ. Дано описание структуры модели формирования стока р. Амур и основных расчетных уравнений. Большая часть используемых параметров задается из баз данных о характеристиках речного бассейна (почв, ландшафтов, рельефа). Построены и приведены карты распределения почвенно-гидрологических констант (параметров модели) по площади бассейна р. Амур. Описаны результаты проведенного анализа условий формирования наводнения 2013 г. в бассейне р. Амур по данным моделирования

Третья глава посвящена разработке и применению метода сценарной оценки противопаводкового эффекта действующих (Зейского и Бурейского), проектируемых (Селемджинского и Нижне-Зейского) и строящегося (Нижне-Бурейского) водохранилищ в бассейне Среднего Амура с помощью разработанной модели формирования речного стока. Описаны проведенные численные эксперименты по оценке влияния регулирования стока Зейским и Бурейским гидроузлами (г/у) на снижение максимальных расходов в устьях этих рек в период прохождения выдающегося паводка 2013 г. Показано, что регулирование стока водохранилищами позволило не только значительно снизить максимальные уровни на рассматриваемом участке р. Амур, но и существенно сократить время стояния высоких вод. Приведены результаты анализа различных вариантов размещения новых гидроузлов и водохранилищ, планируемых для снижения опасности и риска наводнений на паводкоопасных участках речной системы. По результатам численных экспериментов получена тесная зависимость срезки максимальных уровней р. Амур на г/п Гродеково от величины суммарной противопаводковой емкости Нижне-Зейского и Селемджинского водохранилищ.

В **четвертой главе** описана оценка возможных изменений стока р. Амур в XXI веке, полученная автором на основе численных экспериментов с разработанной моделью формирования стока и глобальными моделями климата. В работе описан метод анализа и даны оценки чувствительности многолетних характеристик стока р. Амур к изменению климатических параметров на основе разработанной модели формирования стока. Автором показаны возможности расчета многолетних характеристик стока р. Амур за период наблюдений с помощью разработанной модели, на входе которой задаются суточные значения осадков, температуры и влажности воздуха, рассчитанные с помощью ансамбля глобальных моделей климата. Приведены результаты оценки с помощью гидрологической модели бассейна р. Амур возможных изменений многолетних

характеристик водного режима в XXI веке с использованием ансамблей климатических проекций, рассчитанных по глобальным моделям климата при разных сценариях радиационного воздействия. Проведена оценка значимости климатически обусловленных изменений стока р. Амур при прогнозируемых условиях в XXI веке. Показано, что полученные в результате экспериментов изменения годового стока р. Амур в XXI веке оказываются меньше изменчивости оценок стока, связанной с неопределенностью выбора модели климата.

В **Заключении** сформулированы основные результаты, полученные в ходе работы над диссертацией. Заключение подчеркивает значимость полученных результатов.

Подводя итог, необходимо отметить, что диссертация **А.С.Калугина** представляет собой законченное и качественно выполненное научное исследование. Диссертация содержит важные научные результаты и свидетельствует о высокой квалификации ее автора при решении гидрологических задач. Работа выполнена диссертантом самостоятельно с применением современных и оригинальных методов.

Содержание автореферата полностью соответствует тексту диссертации и дает исчерпывающее представление как о самой работе, так и о полученных результатах.

3. НОВИЗНА НАУЧНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ, ВЫВОДОВ И РЕКОМЕНДАЦИЙ

1. Впервые разработана и апробирована по многолетним данным наблюдений модель формирования речного стока для всего бассейна р. Амур, учитывающая пространственную неоднородность характеристик водосбора, влияние водохранилищ и позволяющая описать гидрологические процессы (накопление и таяние снега, испарение, вертикальный тепло- и влагоперенос в ненасыщенной зоне почвы, горизонтальное движение воды по склонам водосбора, подповерхностный и грунтовый сток, неустановившееся движение воды в речной системе) с пространственным разрешением порядка 900 км² и временным разрешением 1 сутки по данным стандартного метеорологического и водохозяйственного мониторинга.

2. Предложены и апробированы для бассейна Амура методы задания параметров модели формирования стока с использованием глобальных баз данных о характеристиках рельефа, почв и землепользования.

3. Показаны возможности воспроизведения с помощью модели формирования речного стока многолетних рядов среднесуточных расходов воды в различных створах основного русла р. Амур и ее притоков по данным стандартных метеорологических наблюдений и водохозяйственного мониторинга.

4. Показаны возможности модели формирования речного стока в бассейне р. Амур для анализа условий формирования экстраординарного паводка 2013 года, оценки противопаводкового эффекта действующих (Зейского, Бурейского) и проектируемых (Селемджинского, Нижне-Зейского) водохранилищ на Среднем Амуре при разных сценариях гидрометеорологических условий в речном бассейне.

5. Исследованы возможности модели формирования речного стока для оценки многолетних характеристик водного режима р. Амур за период наблюдений с использованием в качестве входных данных результатов ансамблевых расчетов глобальных климатических моделей.

6. Дана оценка возможных гидрологических последствий прогнозируемых изменений климата с использованием результатов ансамблевых расчетов глобальных климатических моделей.

4. ДОСТОВЕРНОСТЬ И ОБОСНОВАННОСТЬ НАУЧНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ, ВЫВОДОВ И РЕКОМЕНДАЦИЙ, СФОРМУЛИРОВАННЫХ В ДИССЕРТАЦИИ

Научная обоснованность и достоверность положений и выводов подтверждается обработкой большого массива данных, использованием современных методов сбора и обработки гидрометеорологической информации, статистической оценкой результатов, надежностью используемого информационного обеспечения, оценкой конечных результатов с указанием степени неопределенности полученных расчетов речного стока. Результаты расчетов по модели формирования речного стока и гидродинамической модели были проверены на материалах наблюдений, полученных в надежных источниках (ВНИИГМИ-МЦД, данные гидрологического и водохозяйственного мониторинга Росводресурсов, глобальные базы данных).

5. НЕДОСТАТКИ РАБОТЫ, ВОПРОСЫ И ЗАМЕЧАНИЯ

К диссертации имеется ряд замечаний, в большинстве своем носящих характер рекомендаций:

1) Определение «Региональная модель формирования стока» для бассейна площадью почти 2 млн. км², наверное, не подходит.

2) Стоило изменить форму изложения защищаемых положений, которые в основном совпадают с изложенными результатами.

3) В настоящее время на основном русле Амура выше Хабаровска (1630 тыс.км²) расходы не измеряются, а определяются по зависимости $Q=f(H)$ 25 - летней давности. А как учитывается влияние русловых процессов, деформаций русла?

4) 80% площади бассейна – это низко и среднегорная территория с чередованием хребтов, и поэтому вопрос интерполяции метеорологических характеристик (по 5 станциям) следует рассматривать более подробно.

5) Автор использовал для создания модели глобальные базы данных - почвенную базу HWSD и ландшафтную базу GLCC. Насколько изменилась точность модели по сравнению с почвенной и ландшафтной картами СССР масштаба 1: 2 500 000, ранее применяемыми в модели ЭКОМАГ? Как коррелируются масштабы выделяемых частных водосборов с мелкомасштабными картами: почвенными, ландшафтными, растительности?

6) При анализе факторов наводнения 2013 г. стоило сделать единую шкалу (рис. 2.4.8 и 2.4.11).

7) Как выполнялась ручная калибровка данных? Одновременно для всех выделенных частных водосборов, а пространственная изменчивость параметров при этом не учитывалась?

8) Несоответствие результатов оценки эффективности моделирования: В табл. 2.3.2.2 – относительные ошибки суточных расходов не превышают 20% (кроме р.Хор), а

на рисунке 2.3.2.5 относительные ошибки отдельных месячных расходов существенно выше. В частности: апрель-28%, ноябрь-57%, декабрь-52 %. Об этом, наверное, нужно было сказать в работе.

9) Насколько возможно использование данной модели для краткосрочного прогнозирования речного стока?

Перечисленные недостатки не снижают общего положительного впечатления от диссертационной работы, поскольку не уменьшают, по существу, ценность выполненного исследования.

6. ПОЛНОТА ИЗЛОЖЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ ДИССЕРТАЦИИ В ПУБЛИКАЦИЯХ СОИСКАТЕЛЯ

Автором по теме диссертации было опубликовано 11 работ, две из которых - в зарубежных журналах, индексируемых в Web of Science, две – в отечественных журналах, индексируемых в Web of Science и рекомендованных ВАК для публикации результатов диссертационного исследования, одна в журнале, индексируемом в РИНЦ и также рекомендованном ВАК для публикации результатов диссертационного исследования (все в соавторстве). Остальные работы – тезисы и материалы различных конференций. Результаты диссертации в основном опубликованы.

Основные положения диссертационной работы были доложены на российских и зарубежных научных конференциях.

7. ВЫВОДЫ, СООТВЕТСТВИЕ ДИССЕРТАЦИИ КРИТЕРИЯМ, УСТАНОВЛЕННЫМ ПОЛОЖЕНИЕМ О ПОРЯДКЕ ПРИСУЖДЕНИЯ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ

Диссертация **Калугина Андрея Сергеевича** «Модель формирования стока реки Амур и ее применение для оценки возможных изменений водного режима», представленная на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 25.00.27 «Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия», является законченной научно-квалификационной работой, основанной на оригинальном фактическом материале, в которой решен комплекс задач, связанных с разработкой модели формирования речного стока для всего бассейна р. Амур, учитывающей пространственную неоднородность характеристик водосбора, влияние водохранилищ, и позволяющей описать различные гидрологические процессы.

Диссертационная работа **Калугина А.С.** выполнена на высоком научном уровне. Полученные автором результаты, обладающие научной новизной, имеют теоретическое значение и могут быть использованы при решении практических задач, связанных с расчетом гидрографов суточного стока в основном русле и на притоках за многолетний период, смоделировать пространственное распределение характеристик снежного покрова, влажности почвы, испарения и других характеристик водного режима на всей территории бассейна и любом частном водосборе по стандартным данным метеорологического и водохозяйственного мониторинга.

По объему научных исследований, научной новизне, теоретической и практической значимости, полученных автором, диссертационная работа **Калугина Андрея Сергеевича** полностью соответствует всем требованиям п. 7. «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 30 января 2002 г. № 74, в редакции постановления Правительства РФ от 20.06.2011 г. № 475, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор достоин присуждения искомой степени кандидата географических наук по специальности 25.00.27 — Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия.

Официальный оппонент

Профессор, доктор географических наук

Фролова Наталья Леонидовна

Сведения о составителе отзыва:

Ф.И.О.: Фролова Наталья Леонидовна
Адрес: 119991, г. Москва, ГСП-1, Ленинские горы, МГУ, географический факультет
Телефон: +7 495 939 15 33
E-mail: frolova_nl@mail.ru
Организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», географический факультет, кафедра гидрологии суши

Должность: Зав. кафедрой, профессор

Подпись руки Фроловой Н.Л. заверяет
Декан географического факультета МГУ
член-корреспондент РАН



С.А.Добролюбов