

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу  
Калугина Андрея Сергеевича «Модель формирования стока реки Амур и ее применение для оценки возможных изменений водного режима», представленную на соискание учёной степени кандидата географических наук по специальности 25.00.27 – гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия

Диссертация А.С. Калугина состоит из введения, 4-х глав, заключения, списка литературы из 141-го наименования и 2-х приложений. Она содержит 185 страниц текста, 134 рисунка и 23 таблицы. Научные результаты работы отражены в 11 публикациях, включая 5 статей в журналах «Водные ресурсы», «Водное хозяйство России», «Climatic change», «Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences».

Цели, поставленные автором, – масштабны, и не ограничиваются исключительно разработкой физико-математической модели формирования речного стока р. Амур с использованием глобальных баз данных о характеристиках бассейнов и стандартных данных метеорологического и водохозяйственного мониторинга, учитывающей пространственно-временную изменчивость гидрологических процессов для всего бассейна. Они включают также исследование возможностей применения модели для анализа условий формирования экстраординарного паводка 2013 г., оценки противопаводкового эффекта действующих и проектируемых водохранилищ на Среднем Амуре при разных гидрометеорологических условиях, оценки возможных гидрологических последствий прогнозируемых изменений климата на основе численных экспериментов с гидрологической моделью и глобальными климатическими моделями.

Как справедливо отмечает автор, разработка подобной модели для речного бассейна субконтинентального масштаба, адекватно описывающей пространственную неоднородность физико-географических, климатических условий, разнообразие физических механизмов стокообразования и антропогенные изменения водного режима – сложнейшая научная проблема, актуальность которой определяется той ролью, которую играет гидрологический цикл крупнейших речных бассейнов в глобальном водообмене и динамике климатической системы, во взаимодействии вод суши с океаном.

В методическом аспекте диссертация, с одной стороны, опирается на предшествующие фундаментальные достижения российской школы физико-математических моделирования формирования стока Л.С. Кучмента, В.Н. Демидова, Ю.Г. Мотовилова, А.Н. Гельфана, реализованные Ю.Г.Мотовиловым в информационно-моделирующей комплексе ECOMAG. С другой стороны, используются достижения и

разработки в области гидродинамического моделирования – одномерная гидродинамическая модель MIKE 11 и двумерная гидродинамическая модель STREAM-2D, построенных на решении уравнений Сен-Венана. Объединение перечисленных моделей, разнородных по структуре, детальности, требованиям к исходной информации, в единую моделирующую интегрированную систему, в том числе и на платформе стандарта OpenMI, демонстрирует возможность создания высокоэффективного инструмента на современной технологической и методической основе для разрешения задач в управлении риском наводнений. Для оценки возможных изменений стока р. Амур автором развивается подход, базирующийся на использовании физико-математической модели гидрологического цикла, на входе которых задаются искусственные сценарии гидрометеорологических воздействий на речной водосбор, сконструированные с помощью глобальных моделей климата.

Научная новизна работы, состоит в разработке и апробировании региональной модели формирования стока для всего бассейна р. Амур, учитывающей пространственную неоднородность характеристик водосбора, влияние водохранилищ и позволяющая описать совокупность гидрологических процессов с пространственным разрешением порядка 900 км<sup>2</sup> и временным разрешением 1 сутки. Автором предложены и апробированы оригинальные методы калибровки параметров модели не частных речных водосборов, а типов почв, растительности, подстилающей поверхности для всего речного бассейна, задаваемых из глобальных баз данных. Результаты проверки модели формирования стока по 15 гидрологическим постам за 20 лет на основе достаточно «скудных» для такого речного бассейна входных данных метеорологического мониторинга показали удовлетворительную точность воспроизведения наблюдаемых суточных гидрографов.

Интересной представляется показанная автором возможность получения с помощью разрабатываемой модели пространственного распределения характеристик стокообразования, таких как запас воды в снежном покрове, характеристики влажности почвы, наблюдения которых в бассейне р. Амур локальны, ограничены и крайне не достаточные. На основе модельных карт указанных характеристик и измеренных осадков выполнен детальный анализ условий формирования катастрофического паводка 2013 года.

Следует отметить особо ценный результат исследования – предложенную и оттестированную методику оценки противопаводного эффекта действующих (Зейского, Бурейского) и проектируемых (Селемджинского, Нижнее-Зейского) водохранилищ на Среднем Амуре при различных сценариях гидрометеорологических условий, включая условия формирования катастрофического паводка.

В рамках задачи прогноза возможных изменений стока р. Амур на основе разработанной модели автором выполнен анализ и оценка чувствительности многолетних характеристик стока к изменению климатических параметров. Также показана возможность расчета многолетних характеристик за период наблюдений, где в качестве входных данных в модель используются суточные значения осадков, температуры и влажности воздуха, рассчитанные с помощью ансамбля климатических моделей. По результатам проведенных ансамблевых экспериментов с региональной и глобальными климатическими моделями сделан вывод, что возможные изменения годового стока р. Амур в XXI веке при различных сценариях изменений внешних радиационных воздействий оказываются меньше изменчивости оценок стока по причине неопределенности выбора модели климата. Ценность этого раздела диссертации заключается в создании и апробации совокупности оценок и процедур анализа значимости возможных изменений.

Практическая значимость работы очевидна и ее результаты уже востребованы. Методические разработки, созданные при активном участии автора, были использованы при выполнении проекта "Разработка информационной поддержки принятия решений по инженерной защите селитебных территорий в бассейне реки Амур" по заказу Научно-исследовательского института энергетических сооружений ПАО "РусГидро».

Обоснованность выводов результатов исследования подтверждается использованием обширных материалов наблюдений и картографического материала, полученных в надежных источниках; глобальных баз данных, а также проверкой надежности выполненных расчетов на каждом этапе общепринятыми методиками.

Автором работы проделана большая самостоятельная работа по сбору и созданию архивов информации, калибровки и верификации модели формирования стока, проведению и обработки численных экспериментов, а также всестороннему анализу, обобщению и осмыслению полученных результатов.

Тем не менее, следует высказать некоторые замечания. При калибровке параметров модели не упоминаются и не используются тематические цифровые карты (почвенная, землепользования) на всю территорию бассейна р. Амур масштабом 1:2500000, созданных в Тихоокеанском институте географии ДВО РАН. Так, например, почвенная карта превосходит используемую карту HWSD по количеству выделенных типов в 2 раза. Увеличение степени детализация описания водосборного бассейна может привести как к снижению точности воспроизведения гидрографов стока и ухудшению критериев качества, так и наоборот. Возможны также противоположные эффекты на бассейнах разного размера, что представляет самостоятельный интерес. Однако, принимая во

внимание сложность поставленной задачи и объемы выполненных численных экспериментов, данное замечание является скорее пожеланием на будущее.

Также необходимо отметить, что анализируя причины получения «неудовлетворительных» результатов моделирования для некоторых створов бассейна Амура (раздел 2.3.2., стр.55), автор в качестве основной причины указывает «жесткость» расчетной схемы, при которой калибровка параметров осуществляется для бассейна в целом, а не для каждого створа. Как представляется, для сравнительно небольших водосборов более важной причиной является высокая неоднородность жидких осадков теплого периода, формирующих основную часть стока дальневосточных рек, которая очень слабо учитывается существующей наблюдательной сетью.

Диссертационная работа в целом хорошо оформлена, изложена стилистически грамотно, автореферат полностью соответствует содержанию диссертации, публикации по теме исследования в российских и зарубежных журналах широко и полно освещают защищаемые положения.

Представленная диссертационная работа является самостоятельным законченным исследованием и выполнена на высоком научном уровне по глубине, широте и значимости. Отвечает всем требованиям Положения о порядке присуждения научным и научно-педагогическим работникам ученых степеней и званий, а ее автор А.С. Калугин заслуживает присуждения ученой степени *кандидата географических наук* по специальности 25.00.27 - "Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия".

к.г.н, вед.н.с. лаб. Гидрологии и климатологии ТИГ ДВО РАН

Губарева Татьяна Сергеевна

[Tgubareva@bk.ru](mailto:Tgubareva@bk.ru)

+79146716754



ФГБУН "Тихоокеанский институт географии Дальневосточного отделения Российской академии наук"

690041 Владивосток, ул. Радио, 7, тел. 8 423 231-28-57

