

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Бонгу Сотима Эрнесто по теме «ВЕРОЯТНОСТНЫЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МНОГОЛЕТНЕГО СТОКА И ИСПАРЕНИЯ С ТЕРРИТОРИИ РЕЧНЫХ БАССЕЙНОВ ЗАПАДНОЙ АФРИКИ», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.27 – Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия

Диссертация Бонгу Сотима Эрнесто посвящена решению актуальной задачи разработки методики оценки вероятностных кривых обеспеченности речного стока и изменчивости суммарных влагозапасов, необходимых для проектирования гидротехнических сооружений с учетом последствий наблюдаемых и прогнозируемых изменений климата.

*Целью диссертационного исследования* является разработка и адаптация к условиям Западной Африки методики совместного учета вероятностных распределений стока и испарения, с возможностью наглядного визуального представления их обеспеченных значений одномерным многообразием в многомерном пространстве.

Научной новизной обладают следующие результаты автора:

1) база данных синхронизированных рядов по речному стоку и испарению с поверхности суши Западной Африки, включающая 46 статистически достоверных рядов (впервые);

2) исследование на стационарность (однородность) и наличие периодичности маловодных и многоводных периодов синхронных совместных рядов стока и испарения;

3) расчет безусловных и условных распределений вероятностей стока и испарения с повышенной устойчивостью статистических моментов (впервые для Западной Африки);

4) создание визуализаций совместных кривых обеспеченности речного стока и испарения путем построения одномерных многообразий в трехмерном пространстве для условий существующего и наиболее вероятного сценария изменения климата в XXI в. на примере речных бассейнов Западной Африки;

5) выявление регионов наиболее значимых аномалий с возможностью негативных последствий для водозависимых отраслей экономики Западной Африки на основе построенных карт 1% и 10%-ой обеспеченности стока и испарения для современного и прогнозируемого в сценариях Пятого оценочного доклада МГЭИК климата.

Основные положения диссертационной работы доложены на российских и международных семинарах и конференциях, а также опубликованы в 15 статьях, из которых 3 – в изданиях, рекомендованных ВАК, 3 – в зарубежных изданиях, в том числе 2 – в высокорейтинговых.

Диссертация Бонгу Сотима Эрнесто общим объемом машинописного текста составляет 351 страницу; состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников. Работа сопровождается



таблицами и рисунками, содержит 9 приложений, в которых представлены фактические данные и результаты расчетов, проведенных автором диссертации. Список использованной литературы включает 56 наименований.

Во *введении* автором обоснована актуальность исследования, сформулирована цель работы и поставлены задачи; обоснована научная новизна и практическая значимость, перечислены защищаемые положения. Выбор объекта исследования, безусловно, определен страной проживания Бонгу С.Э. Многие годы оценка формирования режима многолетнего речного стока производится с определением его вероятностных распределений, на основе которых в целях получения кривых обеспеченности и расчета проектных расходов, используемых при проектировании гидротехнических сооружений, рассчитываются гидрологические характеристики. В РГГМУ, где Бонгу Сотима Эрнесто прошел обучение в аспирантуре, для сценарных оценок гидрологических последствий изменений климата предложено использовать обеспеченные значения испарения и изменения суммарных влагозапасов. Вполне закономерно, что для достижения поставленной цели автором диссертации выбрана разработанная в РГГМУ методология использования совместных распределений стока и испарения, актуальная как для решения практических задач, связанных с техногенным освоением территории Западной Африки, так и для формирования необходимой базы гидрометеорологических показателей, характеризующих процессы стока и испарения. Таким образом, в процессе исследования автором использовались как классические методы инженерной гидрологии, так и разработанная в РГГМУ методология частично инфинитивного моделирования с применением данных открытого доступа ВМО и сценарных оценок Пятого доклада (СМIP5) МГЭИК.

В первой главе – *«Многолетний речной сток и испарение Западной Африки для существующего климата»* представлена физико-географическая характеристика района изучаемых 46 водосборов. Показан процесс формирования базы данных расходов воды изученных речных бассейнов с определенной площадью и продолжительностью периода наблюдений. Здесь же приведены результаты расчета центров водосборов, полученные методом средневзвешенных площадей, а также обоснован выбор формулы Тюрка для расчета испарения, на основе анализа основных известных методов (по уравнению водного баланса, уравнению связи М. Будыко и др.). В параграфе 1.4. приведены результаты статистического анализа однородности 0,1%, 1%- и 10%-го уровней значимости 40-летних (1951-1990 гг.) рядов значений стока и испарения. На основе полученных показателей построены карты распределения статистических характеристик стока и испарения на территории Западной Африки с четкой визуализацией областей максимального слоя стока (рис. 1.9). Однако 0,1%-й уровень значимости представляется нам малопригодным для получения качественных оценок.

В Главе 2 *«Многомерные кривые плотности вероятности стока и испарения для существующего режима»* автором аргументированы



теоретическое и эмпирическое обоснования для перехода к использованию двумерных распределений на основе методологии частично инфинитивного моделирования (путем включения в модель формирования стока величины испарения). Для выполнения этих расчетов проведена проверка условия наличия речных бассейнов с фрактальной размерностью более 1, позволившая перейти к двумерному распределению плотностей вероятностей с применением инструментария *Matlab* для автоматизации обработки совместных рядов стока и испарения. Показаны алгоритмы построения эмпирической двумерной гистограммы и двумерной поверхности плотности вероятности; приведено описание программного продукта по построению распределения  $p(Q, E)$ , результатом которого являются три графика для каждого из 46 водосборов в пределах Западной Африки – эллипса рассеивания, эмпирической гистограммы и поверхности плотности вероятности. Иллюстративные и табличные материалы отображает безусловные и условные кривые обеспеченностей значений стока, полученных автором диссертационного исследования.

В Главе 3 «*Одномерные многообразия кривых обеспеченности для существующего режима*» автор показывает, что до настоящего времени преобладает методология оценки долгосрочных изменений вероятностных характеристик многолетнего речного стока при изменении климата на основе стационарного варианта уравнения Фоккера-Планка-Колмогорова. Она позволяет получать расчетные гидрологические характеристики (норма, коэффициенты вариации и асимметрии) и статистически определять кривые обеспеченности для вычисления надежности проектируемых и эксплуатируемых гидротехнических сооружений.

По убеждению Бонгу С.Э., использование им рассматриваемой в диссертации модели позволяет построить эти кривые с учетом климатических сценариев, предлагаемых МГЭИК. Автором визуализированы одномерные многообразия для всех 46 рассматриваемых водосборов Западной Африки, позволившие выявить интересную географическую закономерность распределения по территории одновременного расположения расходов и испарения малой обеспеченности, которая для многих водозависимых отраслей экономики является лимитирующей.

В Главе 4 «*Сценарные оценки одномерных многообразий кривых обеспеченности для наиболее вероятного климатического сценария*» на основе анализа вероятных сценариев климатических изменений (Representative Concentration Pathways (RCP)) по данным Пятого оценочного доклада МГЭИК (IPCC), Бонгу С.Э. останавливается на сценарии стабилизации (*RCP4.5*). Используя известную и апробированную методологию сценарной оценки стока, автор получил сценарные значения стока и испарения на территории Западной Африки по модели Института Макса Планка (*MPI-ESM-LR*), *HadGem2-ES* и ensemble с картографическим отображением совместных, фактических и прогнозных, одномерных многообразий для периодов с 2016 по 2035 и с 2046 по 2065 гг.



К недостаткам работы следует отнести несколько непродуманное оформление графической части, в результате которого объем Приложения в 224 страницы (с 128 по 351) составляет 64% от общего объема диссертации, что несколько затрудняет анализ полученного графического материала. Это же замечание следует отнести к расположению в текстовой части работы таблиц, объем которых иногда составляет до 3 страниц (табл. 1.3, стр. 39-41; табл. 1.4., стр. 41-43), следовало бы поместить их также в Приложение. Можно было таблицу 4.3 *Численные значения атмосферной и океанической сеток* (с. 99-101), представить в более компактной форме. Кроме того, растянутый на 4 страницы (с. 106-109) рисунок 4.5 *Прогнозные значения метеоэлементов по выбранным моделям на периоды 2016-2035 и 2046-2065 гг.*, для которого, как и практически для всех рисунков, отсутствуют *Условные обозначения*, также представляется не совсем оправданным.

Несмотря на отмеченные недостатки, диссертационная работа Бонгу Сотимо Эрнесто представляет собой завершённое научное исследование.

Считаю, что работа Бонгу Сотимо Эрнесто «Вероятностные распределения многолетнего стока и испарения с территории речных бассейнов Западной Африки», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, соответствует заявленной специальности 25.00.27 – Гидрология суши, обладает научной новизной и практической ценностью; соответствует квалификационным требованиям п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденному Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, а ее автор Бонгу Сотимо Эрнесто заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Официальный оппонент  
доцент кафедры физической географии и ГИС  
географического факультета Алтайского  
государственного университета,  
кандидат географических наук

 /Харламова Н.Ф./

Я, Харламова Наталья Федоровна, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

20 декабря 2019 года

 /Харламова Н.Ф./

Адрес почтовый:  
656049, г. Барнаул Алтайского края,  
пр. Ленина, 61, [www.asu.ru](http://www.asu.ru)  
раб. тел. : (38520) 29-12-75  
E-mail: [harlamovageo@rambler.ru](mailto:harlamovageo@rambler.ru)

ПОДПИСЬ ЗАВЕРЯЮ: НАЧАЛЬНИК УПРАВЛЕНИЯ  
ДОКУМЕНТАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

