



«УТВЕРЖДАЮ»

Директор ИВПС КарНЦ РАН, д. г. н.

Д.А. Субетто

О Т З Ы В

ведущей организации Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института водных проблем Севера Карельского научного центра Российской академии наук на диссертационную работу Шевниной Елены Валентиновны **«ДОЛГОСРОЧНАЯ ОЦЕНКА СТАТИСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАКСИМАЛЬНОГО СТОКА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ»**, представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 25.00.27 - гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия

Диссертационная работа Елены Валентиновны Шевниной посвящена разработке комплекса научно-обоснованных решений для расчета максимальных расходов воды малой обеспеченности, необходимых при проектировании гидротехнических объектов, водохозяйственных комплексов и других сооружений на территории Российской Арктики. Работа состоит из введения, шести глав, заключения, списка использованной литературы и четырех приложений. Результаты исследования изложены на 357 страницах текста, включая 72 рисунка и 72 таблицы.

В первой главе приведены сведения об экономической инфраструктуре региона, представлен обзор существующих подходов для решения задачи долгосрочного прогнозирования статистических характеристик стока (в том числе максимального) на основе сценарных оценок ожидаемых изменений климата в регионе, обсуждаются преимущества и недостатки различных гидрологических моделей для подготовки надежного гидрологического обоснования строительных проектов. Во второй главе представлено описание базового математического аппарата, используемого в исследовании, обоснованы и приведены основные упрощения исходной стохастической модели формирования многолетнего максимального стока. В этой же главе дано описание базы данных исходной гидрометеорологической информации, представлена характеристика основных климатических сценариев Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) и предложен алгоритм расчета слоя стока за период весеннего половодья на основе данных ежедневных расходов воды. Третья глава посвящена решению задач по поиску оптимальных условий параметризации модели формирования многолетнего максимального стока и получению сценарных оценок ожидаемых изменений климата на территории Российской Арктики. В четвертой главе

приведены расчеты, подтверждающие достоверность методики долгосрочного прогнозирования статистических характеристик максимального стока в регионе на основе ретроспективного материала. Пятая, самая обширная, глава представляет результаты региональной оценки изменений основных гидрологических характеристик стока весеннего половодья при изменении климата на основе основных сценариев преобразования климатических показателей по данным четвертого и пятого отчета МГЭИК. В шестой главе предложены методы оценки эффективности прогнозов основных гидрологических характеристик максимального стока при решении задач долгосрочного планирования развития социально-экономической инфраструктуры региона и подготовки проектов строительства отдельного гидротехнического сооружения с учетом изменения климата. В приложениях представлены сведения об исходных гидрометеорологических данных, промежуточные расчеты и авторские программы для их реализации, картографический материал, выписки об апробации работы на научно-технических семинарах в профильных организациях и справки о внедрении результатов работы.

Актуальность избранной темы.

Максимальный сток представляет собой наиболее выраженное отражение роли физико-географических условий территории в формировании стока поступающей на поверхность участков суши воды. Характеристики максимального стока являются важнейшими при проектировании гидротехнических сооружений и водохозяйственных комплексов. Определение максимальных расходов и объемов стока заданной вероятности их превышения представляет собой наиболее ответственную задачу при подготовке гидрологического блока данных для строительных проектов. Обоснованность и точность расчетов основных гидрологических характеристик многолетнего максимального стока во многом определяет материальные затраты на строительство гидротехнических сооружений и водохозяйственных объектов и, что наиболее важно, их надежность. Нужно отметить, что определение расчетных характеристик максимального стока является одной из наиболее сложных задач гидрологических расчетов, особенно в условиях наличия долгопериодных колебаний климатических характеристик, наблюдаемых в последние годы, и усиления хозяйственной деятельности на водосборах. Эти факторы, преобразующие условия формирования стока, приводят к нарушению стационарности временных рядов многолетнего стока (в том числе максимального), что затрудняет применение существующих статистических методов, использование которых предполагает стационарный режим формирования многолетнего максимального стока. Его характеристики и факторы формирования, оценки их проявления в условиях происходящих изменений в климатических показателях и в состоянии подстилающей

поверхности, во многом зависят от физико-географических условий, что предопределило решение автора о дифференциации территории России. В качестве объекта исследований выбран стратегически важный для страны регион Российской Арктики, с развивающейся социально-экономической инфраструктурой. Важно отметить, что эта территория слабо изучена в гидрологическом отношении, что затрудняет расчеты максимальных расходов воды малой обеспеченности при решении задач подготовки надежного обоснования для строительного проектирования. В этой связи следует признать, что диссертационная работа Елены Валентиновны Шевниной, направленная на совершенствование методов расчета характеристик максимального стока, формируемого в условиях меняющихся климатических показателей и влияния антропогенных факторов, несомненно, является актуальной.

Степень обоснованности, достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Научные результаты исследований Е.В. Шевниной являются успешным, с нашей точки зрения, развитием статистических методов, предложенных для решения гидрологических задач в начале прошлого века. Исследования Е.В. Шевниной основываются на теоретической базе, разработанной многими известными учеными, что свидетельствует о преемственности научных положений, выдвинутых автором.

Важным пунктом в исследованиях автора является то, что достаточно убедительно доказана необходимость разработки региональных рекомендаций для расчета обеспеченных максимальных расходов при неустановившейся климатической обстановке. Достоверность этого положения основана на результатах статистического анализа многолетних (за период с начала прошлого столетия до 2008 г.) рядов стока весеннего половодья на территории Российской Арктики. Было выявлено нарушение однородности временных рядов стока на достаточно большом (43%) количестве гидрологических постов, а наиболее важным выводом является то, что доля таких рядов увеличивается со временем. Из этого следует, что для определения расчетных характеристик максимального стока согласно требованиям строительных нормативных документов, эти ряды нельзя использовать в полном объеме.

Проведенный анализ наличия статистически значимых изменений выборочных оценок начальных моментов вероятностных распределений стока показал, что нарушение стационарности процесса формирования стока весеннего половодья на территории Российской Арктики в наибольшей степени проявляется с начала 80-х годов прошлого столетия. Было сделано предположение, что основной причиной нарушения однородности условий формирования максимального стока являются наблюдаемые значительные

изменения климатических характеристик. Это определило необходимость разработки рекомендаций для расчетов статистических характеристик многолетнего максимального стока на арктических территориях в условиях меняющегося климата. В работе сделано предположение о том, что при рассмотрении периодов времени в пределах климатических (20–30 лет), процесс формирования многолетнего стока является квазистационарным. Сценарные оценки долгосрочных изменений климата, распространяемые МГЭИК, базируются на этой же гипотезе.

Для обоснования достоверности предложенной методики оценки статистических характеристик многолетнего стока весеннего половодья, автором проведено исследование кривых распределения для периодов, характеризующихся различной водностью. Для выявления таких периодов предложены алгоритмы, позволяющие идентифицировать статистически значимые изменения нормы стока на основе критерия Стьюдента, традиционно используемого для анализа однородности многолетних рядов стока. Оценки достоверности расчетов по модели формирования максимального стока, при различных схемах ее параметризации, основаны на сравнении условных прогнозов кривых обеспеченности слоя стока весеннего половодья с фактическими, полученными по данным наблюдений, с применением непараметрических статистических критериев Пирсона χ^2 и Колмогорова. Мерой достоверности расчетов по предложенной модели (при различных версиях задания численных значений ее параметров) является процент успешных условных прогнозов кривых обеспеченности, с точки зрения их соответствия эмпирическим распределениям на уровне статистической значимости 5 и 10%. Анализ этих оценок позволил автору сделать вывод о необходимости учета в модели многолетнего максимального стока специфики его формирования на арктических территориях.

Подобранные региональные зависимости параметра модели формирования многолетнего максимального стока, интегрально характеризующего свойства подстилающей поверхности, от норм среднегодовой температуры воздуха и годовых сумм осадков позволили увеличить достоверность расчетов кривых обеспеченности максимального стока весеннего стока. Важно отметить, что, несмотря на невысокие значения коэффициентов множественной корреляции, характеризующих полученные региональные зависимости параметра модели от климатических норм, успешность их применения подтверждается увеличением процента получения условных прогнозов кривых обеспеченности стока весеннего половодья соответствующих эмпирическим данным при апробации различных схем параметризации на ретроспективном материале.

Автором обоснованы методы задания сценарной климатической оценки в модели формирования многолетнего максимального стока. Показано, что для расчетов статистических характеристик стока весеннего половодья на арктических территориях нет необходимости выделения стокообразующей части осадков и, учитывая особенности условий формирования весеннего половодья в этом регионе, в расчетах могут быть использованы сценарные оценки изменений норм суммарных осадков за год.

Достоверность выдвигаемых автором научных положений и выводов основывается на прочной теоретической базе (теория марковских случайных процессов, методы математической статистики) и анализе с использованием большого объема метеорологической и гидрологической информации. Автором использовались данные наблюдений 102 гидрологических постов и 137 метеостанций, опубликованных в официальных изданиях Росгидромета.

Результаты работы были многократно представлены на Российских и Международных научно-практических конференциях, обсуждались на научных семинарах в основных профильных организациях и опубликованы различных изданиях, гидрометеорологической направленности (в том числе в изданиях, рекомендованных ВАК – 17 статей).

Значимость полученных автором диссертации результатов для развития соответствующей отрасли науки.

Научные результаты, полученные Еленой Валентиновной Шевниной и приведенные ею в диссертационной работе, найдут применение в дальнейших исследованиях в области гидрологии суши и в области математической статистики.

Это относится к рекомендациям для расчета статистических характеристик максимального стока на территории Российской Арктики в условиях неустойчивого климата на основе сценарных оценок его изменений. Данные региональные рекомендации, учитывающие особенности формирования максимального стока весеннего половодья в арктических условиях, могут применяться как в условиях возможного потепления, так и при похолодании существующего климата.

Интересным и важным при автоматизации вычисления объема стока половодья является ее подход к выделению границ весеннего половодья. Формализация в выделении этих границ должна способствовать в получении более объективных оценок статистических параметров функций распределения вероятностей превышений объемов весеннего половодья.

Важным, учитывая высокую обоснованность большим объемом проанализируемого материала, является вывод автора о начале периода нарушения

стационарности процессов формирования стока весеннего половодья в условиях Российской Арктики.

Представляют большой интерес полученные и приведенные в диссертационной работе оценки ожидаемых изменений норм и коэффициентов вариации стока весеннего половодья до конца текущего столетия, основанные на данных основных климатических сценариев МГЭИК. Эти оценки, наряду с их теоретической ценностью, имеют, несомненно, и практическое приложение. Большую ценность имеют полученные карты арктических районов, где при проектировании гидротехнических сооружений целесообразно применять разработанный в исследовании комплекс научно-технических рекомендаций.

Важными являются методы оценки эффективности использования комплекса предложенных научно-технических рекомендаций по расчету обеспеченных максимальных расходов воды при подготовке технико-экономического обоснования проектов строительства и долгосрочного планирования развития арктической зоны Российской Федерации.

Практическая направленность проведенного исследования определяется использованием полученных в работе результатов при планировании развития социально-экономической инфраструктуры Мурманской области и разработки региональных рекомендаций по расчету основных гидрологических характеристик в других географических регионах России. Полезность работы подтверждается справками о внедрении, предоставленными Министерством природных ресурсов Мурманской области, коммерческими проектно-изыскательскими организациями ЗАО «МурманскТИСИЗ» и ЗАО «ВНИИ Галургии».

Замечания по работе

1. Несомненной заслугой автора является ее предложение, касающееся автоматизации вычисления объема половодья. При этом основной сложностью, с которой автор довольно успешно справился, являлось установление границ расчетного периода. Однако, установление даты окончания половодья в работе мало увязано с особенностями физических процессов на водосборах в этот период. Конец половодья характеризуется установлением «насыщения» водосбора (особенно это относится к достаточно увлажненным регионам) до состояния, которое А.Г. Булавко называет «уровнем нормального увлажнения», а О.И. Крестовский – «динамически равновесной емкостью», когда водосбор любую дополнительную порцию воды интенсивно сбрасывает, и в дальнейшем расходовании ее бассейновых объемов большая роль принадлежит испарению.

2. Нарушение статистической стационарности временных рядов максимального стока отмечено не на всех реках и интересно было бы выявить основные причины, меняющие процессы его формирования, что позволили бы еще более обоснованно выделять проблемные районы.

3. В работе показано, что для расчетов статистических характеристик стока весеннего половодья на арктических территориях нет необходимости выделения стокообразующей части осадков и в расчетах могут быть использованы сценарные оценки изменений норм суммарных осадков за год. Мотивы принятия такого решения автором вполне при существующих обстоятельствах объяснимы, но они безоговорочно могут быть приняты, с нашей точки зрения, для определенной части территории. Учитывая выводы Л.К. Вершининой, О.И. Крестовского, В.Д. Комарова, Е.Г. Попова и др. о том, что определяющее влияние для некоторых районов лесной зоны при прогнозе стока весеннего половодья имеют снегозапасы и весенние осадки, может быть имело смысл выделить и на территории Российской Арктики районы с высоким влиянием стокоформирующих осадков, где при появлении более благоприятных обстоятельств следует выполнить уточнение статистических характеристик стока.

4. При оценке последствий изменения климатических характеристик на параметры кривых обеспеченности слоя стока весеннего половодья использованы различные сценарные оценки, полученные по данным расчетов с использованием моделей общей циркуляции атмосферы (МОЦАО). Анализ изменений метеорологических характеристик в будущем, представленный в пятой главе, не дает представление о том, как используемые МОЦАО представляют исторический период и что послужило критерием выбора отдельных МОЦАО из широкого диапазона набора моделей, представленных МГЭИК. Такой анализ необходим для того, чтобы проводить коррекцию результатов расчетов МОЦАО на будущие временные интервалы с учетом систематических погрешностей моделей при воспроизведении исторических наблюдений.

Заключение

Несмотря на некоторые указанные недостатки, следует отметить, что диссертационная работа Елены Валентиновны Шевниной является значимым этапом в развитии гидрологии суши и статистических методов в гидрологии. Особенно важно подчеркнуть, что данная работа является достойным ответом на вызов времени, характеризуемым значительными преобразованиями водосборов и существенными изменениями климатических характеристик. В исследовании автором сформулированы новые научно-обоснованные технические решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие методов подготовки надежного гидрологического

обоснования для нужд строительного проектирования на арктической территории Российской Федерации.

Автореферат соответствует содержанию рукописи диссертации и в нем представлены основные результаты работы. Публикации соответствуют теме диссертационной работы. Основные результаты исследований опубликованы в изданиях, рекомендованных ВАК.

В целом диссертационная работа соответствует критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней (Постановление правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842), а ее автор достоин присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 25.00.27 – гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия.

Ведущий научный сотрудник лаборатории
географии и гидрологии Федерального государственного
бюджетного учреждения науки ИВПС КарНЦ РАН, д-р геогр. наук
e-mail: karp@nwpi.krc.karelia.ru
телефон: +79114101398

Ю.В. Карпечко

Отзыв Ю.В. Карпечко на диссертацию Елены Валентиновны Шевниной «Долгосрочная оценка статистических характеристик максимального стока на территории Российской Арктики» заслушан и одобрен на заседании Ученого совета ИВПС КарНЦ РАН (протокол № 6 от 30.09. 2015 г.), где принято решение считать его официальным отзывом ведущей организации.

Ученый секретарь
ИВПС КарНЦ РАН, к.б.н.

Т.И. Перерант