

УТВЕРЖДАЮ

Проректор



МГУ имени М.В. Ломоносова, профессор
А.А. ФЕДЯНИН

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертацию И.Г. Исмайыловой «Оценка и прогнозирование элементов водного баланса речного бассейна в условиях нестационарности климата», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.1.6 – гидротехническое строительство, гидравлика и инженерная гидрология.

В МГУ имени М.В. Ломоносова представлена на рассмотрение диссертация, выполненная в РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, посвященная разработке научных основ, методики оценки и прогнозирования элементов водного баланса речного бассейна в условиях изменения климата. Диссертация включает в себя четыре главы, введение, заключение, список литературы и приложение, изложена на 197 страницах. В тексте содержится 24 рисунка и 38 таблиц. Библиографический список состоит из 176 источников, в том числе 11 зарубежных авторов.

Актуальность темы исследований связана с необходимостью развития методов оценки отдельных составляющих водного баланса в бассейне Волги в условиях нестационарности климата с целью гидрологического обоснованного управления водными ресурсами. Предложенные методы оценки и прогноза изменения притока речных вод к замыкающим створам, отработанные на примере бассейна Волги, создают гидрологическую основу для управления водными ресурсами и могут быть использованы как для разработки правил управления водными ресурсами речного бассейна, так и для предсказания последствий опасных гидрометеорологических явлений. Достаточно много свидетельств изменения климата и влияния этих изменений на элементы водного баланса регионов, речных бассейнов и окружающей среды в целом. В рецензируемой работе И.Г. Исмайыловой на основе многочисленных литературных источников, фондовых материалов Росгидромета и материалов собственных исследований по оценке изменений ЭВБ в многолетнем периоде, выполнен детальный анализ изменений межгодовой и

сезонной изменчивости ЭВБ в условиях изменяющегося климата и выполнен прогноз притока р. Волги к створу Волгоградского гидроузла. Принимая во внимание значение любой гидрологической информации для бассейна Волги в целом и Волжско-Камского каскада в частности, материалы и результаты диссертационной работы безусловно являются актуальными и востребованными.

Во введении последовательно обосновывается актуальность работы, формулируются цели, задачи и предмет исследования, дается информация об объекте и исходных данных, характеризуется научная новизна и практическая значимость. Приведены защищаемые положения, обоснованность и достоверность результатов. Содержание работы отражено в 17 печатных изданиях, изданных в 2020–2024 гг., из которых 10 – в журналах, рекомендованных ВАК, 1 – в изданиях, входящих в системы цитирования Scopus или Web of Science. Также получено 1 свидетельство о государственной регистрации баз данных.

В первой главе представлено достаточно подробное изложение представлений о структуре водного баланса, истории его изучения, основных закономерностях временной изменчивости, способах оценки отдельных составляющих. Сформулированы особенности анализа и оценки элементов водного баланса, связанные с техникой измерения суммарного испарения и изменения бассейновых влагозапасов, а также с обобщением полученных результатов для всего бассейна или подбассейна. Указывается недостаточно высокая точность и надежность определения основных составляющих водного баланса. Обсуждается роль изменения современного климата на развитие гидрологических процессов в речном бассейне.

Вторая глава посвящена оценке составляющих водного баланса бассейна Волги за исторический и прогнозные периоды. В параграфе 2.1 рассматривается методика оценки ежегодных величин испарения и изменения бассейновых влагозапасов по данным о речном стоке и осадках. Для оценки параметров зависимости используются результаты, полученные на основе данных воднобалансовых станций. Далее автором представлены результаты расчета ЭВБ Волги. В пунктах 2.3 и 2.4 приведены данные об объекте исследования, анализируется степень антропогенного воздействия на водный режим бассейна Волги и дается оценка возможных изменений водного баланса бассейна Волги на XXI век по данным климатических моделей.

В третьей главе представлены результаты статистического анализа измеренных и рассчитанных рядов элементов водного баланса бассейна Волги, с учетом и без учета хозяйственного воздействия, а также для года в целом и отдельных фаз водного режима. Помимо элементов водного баланса рассматриваются сопутствующие климатические характеристики, такие как температура воздуха, испаряемость, формы атмосферной циркуляции. Проведен корреляционный и регрессионный анализ связи между вышеописанными параметрами.

Четвертая глава посвящена главным образом прогнозу годовых величин речного стока. Соискателем предложена и применена методика расчета кривых обеспеченности для маловодных и многоводных периодов. Дается прогноз многолетней нормы основных составляющих водного баланса на основе текущих величин и учета цикличности в их рядах. Используя результаты, полученные из климатических моделей и уравнений главы 3, выполнен прогноз годовых величин речного стока. Многолетние колебания речного стока представляются как случайный процесс с математическим ожиданием в виде функции времени. Эта зависимость используется для прогноза будущих значений речного стока. В итоге соискателем получены кривые обеспеченности годового стока с учетом прогнозируемого изменения климата.

В заключении автором сформулированы основные результаты многофакторных исследований водного баланса бассейна р. Волги.

Практическая значимость исследований заключается в том, что разработанная методика анализа и оценки элементов водного баланса, в частности прогноза статистических параметров речного стока, могут быть использованы при проектировании долгосрочных водохозяйственных мероприятий для решения проблем водообеспечения и защиты окружающей среды. Эффективной областью применения материалов диссертации являются также СКИОВО речных бассейнов, прежде всего бассейна Волги, а также ПИВР водохранилищ Волжско-Камского каскада.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций соискатель подтверждает применением современных математических методов теории вероятности и математической статистики, преимуществом теоретических подходов, надежностью исходной информации. Достоверная оценка

элементов водного баланса речного бассейна также подтверждается использованием большого объема архивных гидрометеорологических, картографических материалов и результатов исследований автора для обоснования полученных выводов. Результаты исследований по теме диссертации докладывались на многих международных и внутрироссийских научных форумах.

Научная новизна исследований состоит в том, что предложена методика комплексной оценки ЭВБ, включая суммарное испарение и изменение бассейновых влагозапасов, на основе анализа их межгодовой и сезонной изменчивости и с учетом нестационарности климата. Это позволило сгенерировать многолетние временные ряды ЭВБ. Разработана информационно-аналитическая база данных для оценки притока к замыкающему створу бассейна реки Волги у Волгограда на фоне вероятных сценариев изменений климата. Используя метод тенденций в сочетании с динамико-стохастическим подходом, проведены комплексные компьютерные исследования по определению ЭВБ бассейна. Предложены системы уравнений для анализа трудно измеряемых составляющих водного баланса и построения прогнозных кривых обеспеченности речного стока в замыкающем створе речного бассейна для близкой и отдаленной перспективы. В работе зафиксированы устойчивые тренды в многолетних колебаниях сезонного и годового притока к створу Волгограда, в динамике среднемноголетнего испарения с поверхности водосборов, в температурном режиме приземного слоя воздуха. Выполнен сравнительный анализ влияния сценариев МОЦАО на изменение нормы притока к Волгоградскому гидроузлу в двадцать первом веке.

Личный вклад автора выражен в проведении теоретических и практических исследований по совершенствованию оценки (прогноза) ЭВБ речного бассейна применительно к бассейну реки Волги по направлениям, соответствующим вышеописанному материалу.

Достоинства и недостатки в содержании и оформлении диссертации

Одним из основных достижений работы является рассмотрение изменчивости водного баланса бассейна Волги за многолетний период (с конца XIX века), определенной, в том числе, по материалам уникальных измерений на водно-балансовых станциях. В частности, представляют интерес оценки составляющих водного баланса за длительные маловодные и многоводные периоды, показывающие

важную роль изменчивости бассейновых влагозапасов на масштабах времени вплоть до двух десятилетий. Подобная оценка была бы невозможна без использования наиболее длительных из доступных на настоящий момент рядов наблюдений. Для этого соискателем был обобщен и обработан большой объем материала, собранного из различных источников. Вторым крупным достижением работы является построение прогнозных кривых обеспеченности притока воды к створу Волгоградской ГЭС.

Замечания и пожелания соискателю

1. Введение занимает 13 страниц, представляется, что его объем мог быть значительно сокращен, особенно за счет вводной части. Выбор некоторых аргументов при обосновании актуальности темы вызывает вопросы. Так на странице 10 говорится, что «к 2050 году количество возобновляемых водных ресурсов на территории юга и Западной Сибири значительно сокращается, достигая в среднем 20-30 %», при этом дата последней публикации которой это утверждение подтверждается это 2014 г. За последние 10 лет вышло множество работ, посвященных этой теме, в том числе, изменению в бассейне Волги, где оценка возможных изменений значительно меньше, к примеру [Калугин, 2023]. Также не обосновывается или объясняется одновременное использование в работе данных СМIP3 и СМIP5.

2. В главе имеются отдельные проблемы с оформлением, в частности меняется размер шрифта и положение формул в тексте. Несмотря на обширный обзор литературы в нем мало представлены зарубежные источники, а те, что представлены, как правило, не в полной мере отражают современное состояние изученности вопроса. Приведенные работы, безусловно, сохраняют свою актуальность, но обзор вышеназванных источников позволил бы лучше оценить новизну работы соискателя. При анализе способов оценки составляющих водного баланса мало внимания уделяется возможность использования спутниковых наблюдений, погодного реанализа и физико-математических моделей.

3. Ряд терминов теории вероятности и математической статистики используются в явно неформальном виде. На стр. 39 упоминается «математическая статистика случайных процессов». Формулы 1.18 и 1.19 на этой же страницы представляют

собой запись функции определения случайной величины, но содержат ряд неточностей и опечаток. Так для функции распределения вероятности и распределения вероятности дискретной случайной величины используется один и тот же символ. Записано определение для функции распределения вероятности непрерывной и дискретной случайной величины и между ними поставлен знак равенства. Но одновременно, для конкретной случайной величины, имеет смысл только одно из этих определений, с учетом того, что формулы представлены в главе, посвященной речному стоку, запись для непрерывной случайной величины. Также, для дискретного случая в одной из формул 1.18 и 1.19 должно стоять нестрогое неравенство.

4. На стр. 45 указано, что «наибольшие пополнения бассейновых влагозапасов происходят в период половодья». Не понятно, относится ли это утверждение ко всем влагозапасам или только к их жидкой фазе.

5. Основным недостатком главы 2 является отсутствие детальных сведений об используемых материалах. Отмечается, что ранее они уже были использованы в ряде других исследований, но не приводится их критического анализа. Однако, от их точности во многом зависит достоверность полученных выводов. В частности, не уточняется, как были получены восстановленные ряды стока Волги у Волгограда и как решался вопрос с неоднородностью рядов осадков – автор начинает водобалансовые расчет с 1891 года. Для сравнения рассчитанных величин испарения рассматривался только один источник, но следовало привлечь для сравнения другие базы данных. В настоящее время существует множество различных баз данных с рассчитанными величинами испарения, по данным моделирования и дистанционного зондирования (GLEAM, MODIS, ERA5Land и пр.). Также возможна оценка бассейновых влагозапасов по данным спутниковых измерений (GRACE). Эти базы данных могут иметь существенную ошибку, как систематическую, так и случайную, но, тем не менее, они могли бы служить в качестве независимой оценки полученных результатов.

6. Расчет составляющих водного баланса в 2.2, судя по обозначениям в таблицах и пояснениям к ним, приводится отдельно для межени и половодья, но методика расчета испарения в главе 2.1 дана лишь для года в целом.

7. Автором выполнена оценка изменения температуры воздуха периода после 1976 г. по сравнению с 1901–1976 гг. По таблице 3.1 для года и теплого периода изменение температуры рассчитывалось как разница между температурой воздуха за второй, более поздний период, минус температура за первый период. Для холодного периода изменение рассчитывалось как разница первого периода и второго. Так приращение температуры для холодного периода составило -1.7°C . Из текста не ясна логика разного способа расчета для разных сезонов.

8. Имеется ряд замечаний к построенным рисункам. Для многих, но не всех графиков, при отображении временных рядов по оси абсцисс откладывается «индекс времени», что скорее затрудняет восприятие информации. Рисунки 3.1 и 3.2 различаются лишь годом начала измерений, 1891 и 1914, представляется, что эти графики можно было бы объединить. Уравнения регрессии на графиках даются с коэффициентами, округленными до четырех-пяти значащих цифр. В пункте 3.2 не вполне учтен тот факт, что величины испарения и изменения влагозапасов рассчитываются главным образом по данным о речном стоке и осадках. Эти же расчётные величины используются для составления уравнений регрессии. Не является ли наличие высоких коэффициентов детерминации результатом особенности методики расчета?

9. Смысл некоторых формулировок непонятен. Так в главе 3.2 (стр. 103–104) говорится о температуре испаряющей поверхности водосбора. В одном предложении говорится: «Установлено, что связь между температурой испаряющей поверхности и температурой воздуха ничтожно мала». В следующем предложении предлагается рассчитывать температуру испаряющей поверхности по данным о температуре воздуха и величине прошлогодних осадков.

Приведенные выше замечания не снижают общую оценку и практическую ценность полученных результатов диссертационных исследований. Анализ работы позволяет сделать обоснованный вывод, что диссертация И.Г. Исмайловой «Оценка и прогнозирование элементов водного баланса речного бассейна в условиях нестационарности климата» является завершённой научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, обладает научной новизной, научной и практической ценностью, а научные положения, выводы и рекомендации имеют существенное значение для развития региональной инженерной гидрологии.

Автореферат диссертации по объему и оформлению в полной мере соответствует содержанию, выводам и положениям диссертации.

Диссертационная работа полностью соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней (постановление Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г.) для диссертаций, представленных на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Исмайлова И.Г. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.6 – «Гидротехническое строительство, гидравлика и инженерная гидрология».

Отзыв на диссертацию рассмотрен и одобрен на заседании кафедры гидрологии суши Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» «21» января 2025 года. Протокол заседания № 2 от «21» января 2025 г.

Зав. кафедрой гидрологии суши Географического факультета
МГУ имени М.В. Ломоносова, профессор, доктор географических наук
(специальность 25.00.27 – гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия)
119991, Российская Федерация, Москва, Ленинские горы, 1
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Тел. раб. (495)939-10-01, Моб. 8-916-609-34-54, E-mail: frolova_nl@mail.ru



Н.Л. Фролова

Научный сотрудник кафедры гидрологии суши
Кандидат географических наук
(специальность 25.00.27 – гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия)
119991, Российская Федерация, Москва, Ленинские горы, д. 1,
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Тел. раб. (495) 939-10-01, Моб. 8-985-9717423, E-mail: vadim308g@mail.ru



В.Ю. Григорьев

Подписи Н.Л. Фроловой и В.Ю. Григорьева заверяю
Декан географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова,
академик РАН



С.А. Добролюбов

27 января 2025 г.