

УТВЕРЖДАЮ
Проректор ФГБОУ ВО
«Национальный исследовательский
Московский государственный строительный университет»
доктор технических наук



А.З. Тер-Мартirosян

«10» _____ 2022 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ) на диссертационную работу Сумачева Александра Эдуардовича «СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ЛЕДОВОГО РЕЖИМА РЕК БАССЕЙНОВ БАРЕНЦЕВА И БЕЛОГО МОРЕЙ», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.16 – Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия

Диссертация А. Э. Сумачева посвящена исследованиям характеристик ледового режима, а также прогностических закономерностей формирования фаз ледового режима и высших уровней воды за период весеннего ледохода. Исследования проводились на материалах наблюдений за ледовым режимом крупных рек и гидрометеорологической обстановкой Европейского Севера Российской Федерации, принадлежащих бассейнам Белого и Баренцева морей.

Актуальность избранной темы. Совершенствование методов прогнозирования элементов ледового режима рек является актуальной научной и практической задачей. Эта задача комплексная и многофакторная, сложно разработать характеристики таких элементов, сложно найти связи между гидрологическими характеристиками водотока и его ледовым режимом. Поэтому, анализ фактических данных для водотоков и усовершенствование прогностических методов для ледового режима является важной исследовательской задачей.

Обоснованность и степень достоверности результатов исследования. В работе проанализированы данные регулярных наблюдений по 64 гидрологическим и 44 метеорологическим станциям и постам на территории исследуемых речных бассейнов. Используются следующие данные гидрометеорологического мониторинга сети Росгидромета: среднесуточные и среднемесячные значения температуры воздуха, среднесуточные и срочные значения уровней воды, данные наблюдений за ледовым режимом и толщиной льда. Для рек бассейна Северной Двины, помимо вышеперечисленных характеристик, проанализированы среднесуточные расходы и уровни воды. Базы данных характеристик ледового режима, созданные в рамках настоящего исследования, организованы по следующему принципу: по данным среднесуточных наблюдений за уровнем воды и ледовой обстановкой выбраны даты и соответствующие им уровни воды при образовании и разрушении тех или иных ледовых явлений; по данным срочных наблюдений — даты и высшие уровни воды за период ледостава, осеннего и весеннего ледоходов, зажоров и заторов льда; по данным пентадных наблюдений — максимальные толщины льда. Таким образом, разработанные и зарегистрированные базы данных содержат количественную информацию о датах и характерных уровнях воды за период замерзания, ледостава и вскрытия, а также данные по максимальной толщине льда.

Все использованные автором методы основываются на известных и проверенных научных достижениях в современной гидрологии.

Новизна исследования и полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Научная новизна работы заключается в следующем:

- 1) На основе анализа пространственно-временной изменчивости численных характеристик ледового режима рек бассейнов Баренцева и Белого морей за период наблюдений с 1950 по 2018 год установлено уменьшение длительности устойчивого ледостава, максимальной толщины льда, для различных фаз ледового режима актуализированы характерные сроки и уровни воды.
- 2) Выявлено три типа участков рек в зависимости от характера формирования высших уровней воды за период весеннего ледохода. Определены основные факторы и осуществлена количественная оценка их влияния на условия формирования высших уровней воды за период весеннего ледохода.
- 3) Модернизирована методика Государственного гидрологического института по оценке потенциальных рисков заторных наводнений. Предложена формула для оценки соответствующего риска, обладающая более разумной и понятной структурой. Предложенная методика позволяет вы-

полнять оценку и сравнительный анализ потенциальных рисков различных гидрологических явлений заданной обеспеченности и предназначена для выявления наиболее опасных гидрологических явлений для отдельных участков рек и пойм.

Практическая значимость результатов диссертации: полученная оценка изменения ледового режима рек исследуемого региона, а также разработанная методика оценки потенциальных рисков опасных гидрологических явлений и прогнозирования высшего уровня воды за период весеннего ледохода обеспечивают предупреждение возникновения чрезвычайных ситуаций и уменьшение ущерба, наносимого опасными гидрологическими явлениями.

Результаты диссертации, связанные с методическими подходами к оценке потенциальных рисков опасных гидрологических явлений, учтены при оценке зон затопления на реках Роста и Варзуга.

Полученные результаты являются значимыми и применимыми в практической деятельности соответствующих структур и организаций гидролого-водохозяйственного профиля.

Структура диссертационной работы. Диссертация состоит из 5 глав, введения, заключения и 5 приложений. Объем работы составляет 173 страницы, включая 40 рисунков и 6 таблиц, библиографический список содержит 147 источников, в том числе иностранных авторов.

Содержание диссертационной работы.

Во введении дано обоснование актуальности темы исследования, определены цели и задачи, приведены защищаемые положения, отражена научная новизна и практическая значимость полученных результатов, приведены сведения об апробации результатов работы, показана структура диссертационной работы.

В первой главе «Исследуемый регион и состояние изученности проблемы» дана физико-географическая характеристика и оценка гидрологической изученности исследуемого региона, произведен анализ литературных источников. Рассмотрены физико-географические характеристики изучаемой территории и рек региона.

Представлен подробный обзор гидрологической сети исследуемого региона. В пределах Двинско-Печорского бассейнового округа (Северного УГМС) — 192 речных и 5 озерных наблюдательных подразделений; на территории Мурманского УГМС — 33 речных и 12 озерных наблюдательных подразделений. На территории Мурманской области по данным Обзора состояния и работы гидрологической сети в Арктической зоне Российской Федерации за 2020 год, установлено 20 автоматизированных гидрологических комплексов (АГК), что составляет 65 % от общего количества АГК в пределах Арктической зоны России.

Выполнен обзор научных публикаций, посвященных описанию ледового

режима рек и прогнозированию его элементов. Рассмотрены методы прогнозирования этих явлений в историческом аспекте. Проанализированы работы, в которых рассматриваются методики оценки потенциальных рисков опасных гидрологических явлений.

Вторая глава «Климатическая характеристика изучаемого региона» посвящена описанию многолетних колебаний температуры воздуха за холодный сезон. Разделение всего периода наблюдений 1950—2018 гг. выполнено с учетом стационарности рядов. Таким образом, базовый период выбран с 1950 по 1980 год, контрольный с 1981 по 2018 год. Со ссылкой на «Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации» (2014 г.) приводится прогноз возможных климатических изменений до конца века согласно различным климатическим сценариям.

Средняя температура воздуха в исследуемом регионе за холодный сезон составила на территории Двинско-Печорского бассейнового округа $-7,3$ °С, в пределах Кольского полуострова $-5,9$ °С. Пространственное распределение температур воздуха в пределах Двинско-Печорского бассейнового округа подчиняется широтной закономерности. Континентальный эффект наиболее заметен в юго-восточной части Двинско-Печорского бассейнового округа, для Кольского полуострова же характерно обратное пространственное распределение температуры воздуха — наиболее высокие температуры отмечаются вдоль побережья Баренцева моря.

В третьей главе «Особенности ледового режима рек бассейнов Белого и Баренцева морей в условиях современного климата» описан ледовый режим бассейнов Белого и Баренцева морей по основным его фазам: замерзания, ледостава и вскрытия. Разбиение периода наблюдений на базовый и контрольный выполнено аналогично климатическим, то есть базовый период 1950—1980 гг., контрольный 1981—2018 гг.

Рассмотрен ледовый режим и его изменения в период замерзания. Отмечается статистически значимое смещение сроков образования первичных ледовых явлений (заберегов, шугоходов и т. д.) на всех реках исследуемого региона, кроме Кольского полуострова. При этом на многих постах также наблюдается снижение уровней воды, что связано с перераспределением стока внутри года, подтвержденным на примере Северной Двины и ее притоков.

Дано описание ледового режима и его изменений в период ледостава. Отмечается, что средние сроки образования устойчивого ледостава довольно сильно меняются по территории, но в среднем за ноябрь образуется устойчивый ледостав. На некоторых гидрологических постах с большими уклонами водной поверхности и порогами ледостав может не образовываться вовсе, что все чаще отмечается в верхнем течении реки Онеги.

Описан ледовый режим и его изменения в период вскрытия. Отмечается, что несмотря на то, что реки исследуемого региона относятся к третьему типу вскрытия, для которого характерно разрушение ледового покрова в основном под влиянием динамического воздействия водного потока, в настоящее время все большую роль начинает играть фактор теплового воздействия на ледовый режим. Это подтверждается увеличением периода от начала деградации ледового покрова до его полного разрушения и начала весеннего ледохода.

Эмпирические распределения высших уровней воды за период весеннего ледохода при отсутствии заторных явлений соответствуют нормальному закону распределения, для заторных участков рек характерна ярко выраженная положительная асимметрия.

Оценено влияние изменения температуры воздуха на сроки формирования фаз ледового режима. Надежные уравнения получены для изменения сроков образования первичных ледовых явлений в зависимости от изменения среднемесячной температуры воздуха за октябрь и для изменения сроков начала разрушения ледового покрова в зависимости от изменения среднемесячной температуры воздуха за март.

Разработана многофакторная классификация участков рек в зависимости от условий формирования высшего уровня воды за период весеннего ледохода. Большой вес в данной классификации имеет связь высшего уровня воды за период весеннего ледохода с предшествующими, предледоходными уровнями воды.

Таким образом, комплексный анализ гидрометеорологических данных, произведенный в третьей главе, позволил установить влияние изменений климата на ледовый режим, которое заключается в статистически значимом уменьшении длительности ледостава за счет смещения сроков замерзания и вскрытия в пределах Двинско-Печорского бассейнового округа и за счет сроков вскрытия в пределах Кольского полуострова, а также уменьшении максимальной толщины льда и сокращении длительности периода со всеми ледовыми явлениями. Разработана классификация участков рек в зависимости от условий формирования высшего уровня воды за период весеннего ледохода, которая может применяться при разработке прогностических методик высшего уровня воды за период весеннего ледохода.

В четвертой главе «Повторяемость и риски опасных ледовых явлений» отмечается, что точная оценка повторяемости заторов и зажоров льда в настоящее время является затруднительной в силу неоднородности исходной информации. Для оценки потенциальных рисков возникновения опасных гидрологических явлений заданной обеспеченности предложена формула, которая имеет диапазон значений от 0 до 1 и предназначена для расчета и сравнения потенциальных рисков различных опасных гидрометеорологических событий.

Оценка потенциальных рисков опасных гидрологических явлений с использованием разработанной в настоящей работе методики позволяет выявить наиболее уязвимые участки рек и пойм к воздействию различных опасных гидрологических явлений, где целесообразна разработка прогностических методик для безопасного использования этих участков как при эксплуатации существующих зданий, сооружений и объектов инфраструктуры, так и при проектировании новых.

В пятой главе «Особенности прогнозирования элементов ледового режима рек различных типов, разработка и верификация нейросетевых моделей прогнозирования» рассмотрены методы прогнозирования средних многолетних значений дат наступления фаз ледового режима для различных типов рек.

Решены задачи оценки возможности и целесообразности использования глубоких и однослойных нейронных сетей для решения задачи регрессионного анализа на примере параметра наивысшего уровня воды за период весеннего ледохода.

В качестве параметра оценки использовалось отношение стандартной ошибки прогнозирования (S) к стандартному отклонению прогнозируемой величины от нормы (σ). Классификация параметров оценки заимствована из других специальных источников.

Модель глубокой нейронной сети строилась на основе интерактивной вычислительной среды Jupiter Notebook, языка программирования Python и библиотек Tensor Flow и Keras. Модель использовалась для прогнозирования высшего уровня воды за период весеннего ледохода на участке реки Печоры в селах Ермицы и Оксино.

Модель однослойной нейронной среды строилась на основе программы Statistica 12 и языка программирования Python. Модели использовались для прогнозирования высшего уровня воды за период весеннего ледохода на участке реки Печоры в селе Оксино и участке реки Северной Двины в районе г. Котлас.

Приведены рекомендации по применению методов обучения искусственных нейронных сетей в качестве инструмента прогнозирования.

Даны рекомендации по использованию программного обеспечения, задания предикторов, функций активации, метрик и способов оптимизации модели. Приведены положительные и отрицательные стороны использования искусственных нейронных сетей по сравнению с классическими регрессионными зависимостями для решения задачи прогнозирования.

Проведена верификация методик использования искусственных нейронных сетей на ключевых створах.

На основе проведенных исследований в диссертации приводится **заключение**, которое отражает основные научные и практические результаты, полученные

автором.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы.

Результаты диссертационной работы содержат новую и важную научную информацию и сформулированные методические подходы, которые с уверенностью можно использовать в практической гидрологической деятельности для повышения надежности прогноза элементов ледового режима северных рек Европейской части России.

Отражение содержания в публикациях, апробация и достоинства работы. Автор опубликовал 16 научных работ по теме, разработанной в диссертации, в том числе 5 – в журналах из перечня ВАК.

Автореферат диссертации соответствует содержанию диссертации.

Шесть раз результаты исследований автора докладывались и обсуждались на международных и всероссийских конференциях и совещаниях.

Это свидетельствует о том, что материалы диссертации полностью отражены в опубликованных работах и апробированы в научных докладах.

Соответствие диссертационной работы специальности и критериям, установленным «Положением о присуждении учёных степеней». Результаты рассмотрения диссертационного исследования, актуальность работы, практической значимости, научной новизны и обеспечения достоверности полученных результатов соискателя Сумачева А. Э. показали, что они соответствуют требованиям паспорта специальности ВАК 1.6.16 — Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия по следующим пунктам:

п. 10. — «Опасные гидрологические явления – наводнения, маловодья, ледовые явления. Факторы и закономерности их проявления. Научные основы обеспечения гидроэкологической безопасности территорий и хозяйственных объектов, экономически эффективного и экологически безопасного водопользования и водопотребления, планирования хозяйственной деятельности в областях повышенного риска опасных гидрологических процессов, защиты водных объектов от истощения, загрязнения, деградации. Создание научной основы обеспечения оптимальных условий существования водных и наземных экосистем»,

п. 11 — «Методы расчета и прогноза характеристик водного баланса, стока воды, взвешенных и влекомых наносов, химических веществ; оценка влияния хозяйственной деятельности и климатических изменений на сток и гидрологические процессы, на экологическое состояние водных объектов,

п. 12 — «Математическое моделирование гидрологических, гидрохимических и гидробиологических процессов в речных бассейнах, руслах рек, водоемах суши. Использование геоинформационных систем и дистанционных методов в гидрологии».

По диссертационной работе имеются следующие замечания:

1. При физико-географическом описании изучаемых бассейнов рек, их конфигурации (Глава 1) целесообразно было бы привести на соответствующих картах. Иначе, трудно воспринимать описание.
2. Необходимо четко сформулировать общую концепцию риска заторных наводнений. Так, согласно формуле (4.2.1), взятой из работы В.А. Бузина (2015 г.), риск имеет размерность высоты (уровня). А в формуле (4.2.2), которая, по-видимому, принадлежит автору диссертации, риск не имеет размерности. По-видимому, эти формулы пригодны для сравнения ситуаций, но не для количественной оценки рисков для конкретных водных объектов.
3. Непонятно, каким образом из формулы (4.2.1) можно получить бесконечную величину риска, как утверждает автором в диссертации.
4. В диссертации (главе 5) отсутствует собственно методика применения программирования нейронных сетей для прогнозирования ледовых явлений на реках. При этом, результаты такого применения «повисают в воздухе». Их трудно оценить и убедиться в их достоверности.
5. Не всегда корректно оцениваются данные исследования согласно поставленным самим автором критериям оценки ($S/\sigma = 0...0,5$ – отлично, $S/\sigma = 0,5...0,7$ – хорошо, $S/\sigma = 0,7...0,8$ – удовлетворительно). Поэтому требуется следующая редакция формулировок:
 - Стр. 117 $S/\sigma = 0,61...0,79$ – «можно говорить о высоком качестве выпускаемых прогнозов», изменить на «результаты можно отнести к категориям хороших и удовлетворительных выпускаемых прогнозов».
 - Стр. 125 $S/\sigma = 0,62$ – «достаточно высоком качестве выпускаемых прогнозов», изменить на «относится к категории хороших выпускаемых прогнозов».
 - Стр. 134 $S/\sigma = 0,52...0,46$ – «категории удовлетворительных», изменить на «категории хороших и отличных соответственно».
 - Стр. 135 $S/\sigma = 0,62...0,72$ – «в целом удовлетворяет требованиям», изменить на «относится к категории удовлетворительных прогнозов».
6. Стр. 126. «При использовании других программных продуктов, как правило, возможность задания параметров сети сильно ограничена». Фраза «как правило» носит размытый характер. Следует добавить примеры (перечислить) сильно ограниченных программных продуктов.
7. Стр. 133. «Обучение нейронных сетей в программе Statistica 12 также не

дало положительных результатов». Даже если они не положительны, их все равно следовало бы привести в диссертации.

8. В тексте диссертации встречаются термины и выражения, требующие объяснения, которое, к сожалению, отсутствует. Например:

- «конгениальность климатических процессов» - стр.29. Любимое выражение В. И. Ленина, но, вряд ли про климатические процессы.
- «нестационарный климат». Как это понимать?
- «В работе на соискание кандидатской степени в области физико-математических наук ...» - стр.39. Следовало бы писать: «В кандидатской диссертации на соискание ученой степени к.ф.-м.н. ...». Хотя правильнее всего, просто: «В [Топтунова О.М., 2016] ...»
- «разностноинтегральная кривая средней температуры воздуха» - стр. 27. (лучше «разностная интегральная кривая...»)
- При ссылках на публикации иногда используется только фамилия авторов, иногда фамилия и инициалы. Это не аккуратно. Следовало бы всегда приводить полные данные (Фамилия И.О.).

Целесообразно было бы включить в текст диссертационной работы Перечень используемых терминов и обозначений.

Отмеченные недостатки не умаляют положительных характеристик диссертационной работы, содержащей полезные научные и практические результаты определения характеристик ледового режима рек Европейского Севера России.

Заключение

Диссертация Сумачева Александра Эдуардовича «Совершенствование методов прогнозирования характеристик ледового режима рек бассейнов Баренцева и Белого морей» является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, обладает научной новизной, теоретической и практической ценностью, а научные положения, выводы и рекомендации имеют существенное значение для развития гидрологической науки. Оформление работы соответствует требованиям ГОСТ.

Диссертация выполнена автором самостоятельно на высоком научном уровне. Достоверность результатов и выводов обоснована. Автореферат объективно отражает основные положения диссертационной работы, материалы диссертации полностью содержатся в публикациях автора.

Диссертационная работа Сумачева Александра Эдуардовича «Совершенствование методов прогнозирования характеристик ледового режима рек бассейнов Баренцева и Белого морей» соответствует требованиям пп. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства

Российской Федерации №842 от 24.09.2013 г., а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.16 – Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия.

Отзыв о диссертации Сумачева Александра Эдуардовича составлен по результатам обсуждения диссертационной работы и автореферата на заседании кафедры гидравлики и гидротехнического строительства ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ) и принят единогласно 10 ноября 2022 г., протокол №4.

Заведующий кафедрой

гидравлики и гидротехнического

строительства, доктор

технических наук, профессор



Дмитрий Вячеславович Козлов

Профессор кафедры

гидравлики и гидротехнического

строительства, доктор

технических наук, профессор



Измаил Григорьевич Кантаржи

Сведения о ведущей организации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет",

Адрес: 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

Телефон: +7 (495) 781-80-07,

www.mgsu.ru,

E-mail: kanz@mgsu.ru.