

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **Канашина Сергея Андреевича**

«ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПОЯВЛЕНИЯ ЛЬДА НА РЕКАХ И ОЗЕРАХ
КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА И МЕТОДЫ ЕГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ»,

представленной на соискание ученой степени кандидата географических наук по
специальности 1.6.16 – Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия

Диссертация посвящена актуальной проблеме гидрометеорологического обеспечения хозяйственной деятельности в Арктической зоне Российской Федерации. Актуальность работы не вызывает сомнений. Ледовые явления формируют специфический гидрологический режим большинства рек и озер Севера России, а их продолжительный характер определяет условия судоходства, строительства и функционирования гидротехнических сооружений. В условиях меняющегося климата существующие эмпирические методики прогнозирования демонстрируют значительную погрешность, что препятствует рациональному использованию водных ресурсов в холодный период. Переход от традиционных статистических подходов к *data-driven*-моделям (машинное обучение) является своевременным и необходимым шагом в гидрологии.

Цель работы заключается в оценке закономерностей появления льда и разработке современных методов прогнозирования сроков ледовых явлений на водных объектах Кольского полуострова. Для достижения цели соискателем корректно поставлены и решены пять взаимосвязанных задач: от формирования базы данных и оценки влияния климатических изменений до разработки типизации условий замерзания и создания прогностических моделей с использованием алгоритмов машинного обучения.

Научная новизна исследования заключается в разработанном комплексном подходе к прогнозированию первичных ледовых явлений и дат установления ледостава. Впервые для данного региона: – выявлена тенденция смещения сроков установления ледостава в среднем на 14 дней за период с 1950 по 2022 год; – выполнена количественная оценка влияния изменения климата через индекс суровости зимы и индекс условий замерзания; – проведена классификация рек (полуравнинные, озерного типа, горные) и выделены три типа участков русел в зависимости от локальных признаков; – обоснована целесообразность применения ансамблевых методов и нейросетевых архитектур; – разработана гибридная модель классификации для определения фаз ледового режима.

Практическая значимость выражена в результатах, которые позволяют актуализировать методики долгосрочного и краткосрочного прогнозирования, применяемые Мурманским управлением по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Разработанные модели могут быть напрямую внедрены в оперативную

практику для повышения безопасности водопользования, планирования навигации и предотвращения ущерба от опасных гидрологических явлений в Арктике.

Достоверность полученных выводов подтверждается репрезентативностью исходных материалов – проанализированы данные наблюдений по 35 гидрологическим постам и 10 метеостанциям за длительный временной ряд. Расчеты выполнены с применением верифицированных библиотек программирования и общепринятых методик обработки временных рядов. Высокая точность предложенных моделей подтверждена таблицами сравнения метрик. Положения, выносимые на защиту, логически вытекают из содержания глав диссертации. Апробация результатов произведена на 10 всероссийских и международных конференциях, имеется 3 публикации в изданиях перечня ВАК и свидетельство о регистрации базы данных.

Возникают вопросы по тексту автореферата.

1. В тексте автореферата на стр. 23–26 отмечается, что глубокие архитектуры показали неудовлетворительные результаты и не рекомендуются для выпуска оперативных прогнозов по сравнению с алгоритмами классического машинного обучения. Однако причины этого не указаны. С чем это может быть связано? Связано ли это с длиной доступных гидрологических рядов или зашумленностью данных наблюдений, или же с физической интерпретируемостью «черного ящика» нейросетей?

2. На странице 27 указывается, что есть сложность типизации ледовых явлений и влияние человеческого фактора при визуальных наблюдениях за льдом. За длительный период ряды могут содержать неоднородности, в том числе и из-за субъективной оценки. В работе упоминается «очистка» данных, но конкретные предложения по использованию критериев исключения выбросов в данных и процедуры гомогенизации многолетних рядов указаны не достаточно подробно. Как соискатель видит решение данного вопроса? Так как именно от этого зависит устойчивость алгоритмов машинного обучения.

Работа С.А. Канашина представляет собой завершенное научное исследование, обладающее несомненной теоретической ценностью и практической значимостью. Считаю, что диссертация соответствует требованиям ВАК РФ, а ее автор заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата географических наук по специальности 1.6.16 – Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия.

Доцент, кандидат технических наук

 Е.В. Гайдукова

Гайдукова Екатерина Владимировна

Научная специальность 25.00.27 – гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия

Место работы: Российский государственный гидрометеорологический университет (РГГМУ),
192007, г. Санкт-Петербург, ул. Воронежская, д. 79.

Должность: заведующий кафедрой инженерной гидрологии Института гидрологии и океанологии

Тел.: +7 812 633-01-76

Email: oderiut@mail.ru

Я, Гайдукова Екатерина Владимировна, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

«16» июня 2026 г.



подпись





МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

**«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГУМАНИТАРНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»**

(ФГБОУ ВО «ЮУрГГПУ»)

Отзыв на автореферат диссертации

Канашина Сергея Андреевича

на соискание ученой степени кандидата географических наук

по специальности 1.6.16 – гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия

**ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПОЯВЛЕНИЯ ЛЬДА НА РЕКАХ И ОЗЕРАХ КОЛЬСКОГО
ПОЛУОСТРОВА И МЕТОДЫ ЕГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ**

Тема исследования актуальна, т.к. расчеты появления льда на реках и озерах различных регионов является важным фактором продолжительности осенне-зимней навигации, проложения зимних путей, расчета экологических характеристик водных экосистем. Наблюдения прошлых лет в связи с потеплением климата не могут быть надежно аппроксимированы в прогнозах ледового режима водоемов. Применение анализа на основе обширных баз данных, использование искусственного интеллекта (нейронные сети) представляет возможность по новому подойти к оценке закономерностей ледообразования и прогнозирования ледовых явлений.

Работа выполнена по рекам и озерам Мурманской области (19 рек, 4 водохранилищам и 5 озерам, в т.ч. озеру Имандра). Предметом исследований являлись характеристики ледового режима и прогностические закономерности формирования осенних ледовых явлений и ледостава.

На основе поставленной цели автор определяет задачи исследования, описывает информационную базу исследования. Научная новизна исследования заключается в разработанном комплексном подходе к прогнозированию сроков появления первичных ледовых явлений и дат установления ледового покрова на реках и озерах Кольского полуострова, основанном на методах машинного и глубокого обучения.

Автором лично проведен сбор и оценка гидрометеорологической информации, проведены расчеты и численные эксперименты, обработка и интерпретация результатов исследования. Составлены прогнозы сроков замерзания рек Кольского полуострова. Автором оценена пространственно-временная изменчивость индекса суровости зим, индекс условий замерзания и выполнен пространственный анализ сумм отрицательных температур в центральной части Кольского полуострова. Используются современные данные прогнозов Росгидромета. Проанализированы данные с 1841 по 2024 гг. Выявлена тенденция более позднего установления ледового покрова на реках за последние 35 лет (смещение сроков на 14 суток), увеличение стадии неполного ледостава. Для озер также выявлена тенденция смещения сроков ледостава на более поздние даты (в среднем на 7 дней).

Выполнен обзор основных методов машинного и глубокого обучения, применяющихся для прогнозирования природных процессов; выявлено, что ансамблевые деревья решений (Random Forest и XGBoost) демонстрируют высокую точность при прогнозировании дат наступления ледовых явлений. Для оценки сроков появления льда и установления ледостава использовались 102 признака. Проведена сравнительная оценка 6 методов машинного обучения и нейросетевых моделей прогноза, рекомендована прогностическая модель XGBoost. Показано, что не для всех исследуемых водных объектов точность прогноза достаточно надежна, требуется дальнейшая модификация подхода и включение в модель новых предикторов.

Поставленная цель и задачи исследования достигнуты. Работа имеет высокую практическую значимость в т.ч. в области геоинформатики, машинного географического прогноза. Сформирована база данных, характеризующая ледовый режим Кольского полуострова, впервые разработана типизация условий замерзания рек и озер Кольского полуострова. Разработанные методы проходят апробацию на гидрологической сети совместно с Мурманским УГМС.

Полученные результаты достоверны. Достоверность результатов обеспечивается глубоким анализом ранее выполненных работ по данной



ОТЗЫВ

на автореферат диссертации

Канашина Сергея Андреевича на тему «Закономерности появления льда на реках и озерах Кольского полуострова и методы его прогнозирования», представленной на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 1.6.16 «Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия»

Диссертационная работа Канашина Сергея Андреевича представляет собой завершённое исследование, которое охватывает актуальные вопросы гидрологии суши и водных ресурсов, связанные с изучением закономерностей и прогнозированием появления льда на водных объектах Кольского полуострова.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью прогноза характеристик ледового режима водных объектов с целью учета особенностей гидрологического режима территорий при решении задач рационального использования водных ресурсов. Прогнозирование сроков появления льда и дат установления ледостава на реках и озерах может быть выполнено как с использованием традиционных методов, так и на основе применения искусственных нейронных сетей (ИНС).

Соискателем были поставлены и решены следующие **задачи**:

1. Сформировать базу данных характеристик ледового режима рек и озер Кольского полуострова, выполнить статистическую обработку гидрометданных и оценку влияния изменения климата на указанные характеристики.
2. Разработать типизацию условий появления первичных ледовых явлений и установления ледостава на водных объектах.
3. Выполнить подбор наилучших предикторов для прогнозирования сроков появления осенних ледовых явлений.
4. Оценить возможности использования традиционных методов и методов машинного обучения и глубокого обучения для прогнозирования дат появления первичных ледовых явлений и дат установления ледостава.
5. Разработать методы прогноза сроков появления осенних ледовых явлений и ледостава на реках и озерах.

Защищаемые положения:

1. Установлено статистически значимое увеличение сроков установления ледостава на водных объектах полуострова в среднем на 14 дней под влиянием современного изменения климата.
2. Выделено три типа участков рек в зависимости от локальных признаков рек, условий формирования первичных ледовых явлений и установления ледостава с определением факторов и количественной оценки влияния на условия замерзания водных объектов.
3. Типизация условий замерзания водных объектов Кольского полуострова. Преобладание типов замерзания с продолжительностью периода от первичных ледовых явлений до установления ледостава более 30 дней.
4. Обоснована целесообразность использования различных методов машинного обучения, решения задач классификации и использования метода гидрологической аналогии.

Личный вклад соискателя работы заключается в сборе исходной гидрометеорологической информации, анализе современного климатического состояния, проведении численных экспериментов и гидрологических расчетов, алгоритмов обработки и картографирования данных, а также в обработке результатов и разработке методов прогнозирования сроков замерзания рек Кольского полуострова.

Основные выводы, включают базу данных характеристик ледового режима рек и озер Кольского полуострова, основные факторы и закономерности появления первичных ледовых явлений и установления ледостава на водных объектах Кольского полуострова, необходимые для прогноза дат появления осенних ледовых явлений метеорологические параметры, типизацию условий замерзания водных объектов Кольского полуострова, классификацию рек в зависимости от условий появления льда и установления ледостава, факторы формирования льда как предикторы для прогноза сроков появления льда, методы машинного и глубокого обучения, позволяющие выполнить прогноз дат появления и установления характеристик ледяного покрова, целесообразность применения метода гидрологической аналогии для использования предложенных методов прогноза с прохождением апробации на гидрологической сети Мурманской УГМС.

Работа выполнена Канашиным Сергеем Андреевичем самостоятельно с применением традиционных методов прогнозирования и среды разработки JUPYTER NOTEBOOK, сторонних библиотек языка программирования PYTHON3.

Автореферат диссертационной работы написан грамотным русским языком, аккуратно оформлен и практически не имеет существенных замечаний по содержанию.

Основное содержание диссертации опубликовано в 9 работах, из них 3 – в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК; свидетельство на базу данных.

По автореферату диссертационной работы имеются следующие вопросы:

1. В работе использовались многочисленные данные наблюдений по 35 ГП и 10 МС. Как продолжительность периода исследования повлияла на процесс анализа, оценки и сравнение полученных результатов?
2. На странице 19 автореферата указано, что интеграция ансамблевых методов и глубоких нейросетевых архитектур открывает новые возможности для повышения точности и устойчивости прогноза ледовых явлений. При этом не приводятся сведения, а подтверждена ли точность используемых методов и как (какими измерениями), и какие факторы способствуют повышению точности полученных результатов?
3. Соискателю следовало бы определиться с используемой терминологией: «ледяные явления» или «ледовые явления», «глубокое обучение» и «глубинное обучение» (и тот и другой термин присутствует в тексте); на странице 14 упоминается «озерное регулирование стока» – что под этим термином подразумевает соискатель?

Общий вывод

Несмотря на перечисленные выше вопросы, диссертация на тему «Закономерности появления льда на реках и озерах Кольского полуострова и методы его прогнозирования» является законченной научно-квалификационной работой, удовлетворяет требованиям ВАК Минобрнауки России (критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утв. постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г.), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук,

а соискатель Канашин Сергей Андреевич заслуживает присуждения учёной степени кандидата географических наук по специальности 1.6.16 «Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия».

Козлов Дмитрий Вячеславович

Доктор технических наук,

профессор, академик РААСН,

Руководитель Передовой инженерно-строительной школы,

Заведующий кафедрой гидравлики и гидротехнического строительства

Национального исследовательского Московского государственного
строительного университета (НИУ МГСУ)

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

Интернет сайт: <https://mgsu.ru/>

E-mail: kozlovdv@mail.ru

телефон: +7 (495) 287-49-14, доб.1416

Я, Козлов Дмитрий Вячеславович, даю согласие на выключение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

«25» августа 2026 г.

Подпись Козлова Д.В. заверяю

Директор ИГЭС НИУ МГСУ, д.т.н., профессор



Отзыв

На автореферат диссертационной работы Канашина Сергея Андреевича

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПОЯВЛЕНИЯ ЛЬДА НА РЕКАХ И ОЗЕРАХ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА И МЕТОДЫ ЕГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

Научная специальность 1.6.16 – Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия

Диссертационное исследование посвящено актуальной и практически значимой проблеме — прогнозированию ледовых явлений на водных объектах Арктической зоны РФ. В условиях наблюдаемых климатических изменений традиционные эмпирические методики прогноза демонстрируют повышенную погрешность, поэтому разработка современных подходов представляет существенный научный и прикладной интерес.

Особую ценность работе придаёт масштаб и репрезентативность исходных данных: в анализ вовлечены наблюдения по 35 гидрологическим постам и 10 метеорологическим станциям, охватывающие длительный временной ряд (1950–2022 гг.). Использование широкого спектра характеристик (уровни воды, температура воздуха и почвы, осадки, ветер и др.) позволяет надёжно оценить факторы, определяющие формирование ледового режима, и обоснованно подобрать предикторы для прогнозных моделей.

Научная новизна исследования убедительно раскрыта и состоит в комплексном подходе к прогнозированию сроков появления льда и ледостава.

Практическая значимость работы не вызывает сомнений. Предложенные методики могут быть использованы Мурманским УГМС для актуализации существующих прогнозных практик, что повысит точность оперативных прогнозов и будет способствовать рациональному использованию водных ресурсов в холодный период.

Методологическая база исследования соответствует современному уровню науки: для построения и обучения моделей использованы библиотеки TensorFlow, Keras, Scikit-learn, XGBoost, CatBoost, TCN в среде Python. Применение нескольких классов алгоритмов позволяет провести сравнительную оценку их эффективности и выбрать оптимальные решения для конкретных задач.

Широкая апробация результатов на российских и международных конференциях, а также публикации в изданиях, рекомендованных ВАК, подтверждают научную зрелость исследования.

В качестве отдельных моментов, заслуживающих дополнительного пояснения в ходе защиты, можно отметить необходимость более детального сопоставления точности предложенных нейросетевых моделей с традиционными методами (возможно, уже внедренными) и краткий комментарий о чувствительности моделей к качеству входных данных (пропуски наблюдений, нарушения стационарности рядов). Эти замечания носят уточняющий характер и не снижают общей ценности проведённого исследования.

Считаю, что диссертационное исследование С.А. Канашина соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 1.6.16, а его автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата географических наук.

к.т.н., доцент кафедры Гидрологии суши СПбГУ

А.Э. Сумачев

15.09.2026

