

**Отзыв официального оппонента
на диссертацию на соискание ученой степени
кандидата географических наук Канашина Сергея Андреевича
«Закономерности появления льда и методы прогноза его сроков на реках и
озерах Кольского полуострова» по специальности 1.6.16 – Гидрология суши, водные
ресурсы, гидрохимия**

Диссертация С.А. Канашина посвящена изучению закономерностей формирования осенних ледовых явлений и ледостава на реках и озерах Кольского полуострова, а также разработке методов их прогнозирования с использованием современных подходов машинного и глубокого обучения.

Актуальность представленной работы не вызывает сомнений. Ледовые явления на водных объектах Арктической зоны Российской Федерации оказывают существенное влияние на эксплуатацию водохозяйственной инфраструктуры, безопасность населения, транспортную доступность территорий и организацию гидрометеорологического обеспечения. Поскольку в условиях современного изменения климата ранее разработанные эмпирические зависимости требуют уточнения и адаптации к новым гидрометеорологическим условиям, разработка современных методов прогноза появления ледовых явлений с использованием инструментов машинного и глубокого обучения является не только научной, но и значимой практической задачей.

Научная новизна исследования заключается в комплексной оценке изменений ледового режима рек и озер Кольского полуострова и в разработке современных прогностических подходов, основанных на методах машинного и глубокого обучения. В работе впервые для рассматриваемой территории сформирована и использована база данных характеристик ледового режима, водного режима и метеорологических условий, выполнена типизация условий замерзания на основе индекса условий замерзания и видов ледовых явлений, проведена классификация рек по условиям появления льда и установления ледостава, а также предложены методы прогноза сроков появления первичных ледовых явлений и установления ледостава.

Практическая значимость работы определяется возможностью использования разработанных методов для актуализации существующих прогнозных методик на территории Кольского полуострова.

Достоверность полученных результатов обеспечивается использованием длительных рядов наблюдений государственной гидрометеорологической сети, официальных данных о водном, ледовом и метеорологическом режимах, применением общепринятых статистических критериев и современных алгоритмов машинного обучения. Результаты проверяются на независимой тестовой выборке, что повышает обоснованность выводов о прогностической эффективности предложенных моделей.

По теме диссертационного исследования автором опубликованы лично и в соавторстве 9 работ, из них 3 статьи в журналах, рекомендуемых ВАК. Основные положения и результаты исследования представлены на научных мероприятиях, включая всероссийские и международные конференции, совещания и симпозиумы.

Во введении обозначена актуальность темы исследования, поставлены цель и задачи, описаны новизна, практическая и теоретическая значимость работы, приведены основные положения диссертации, выносимые на защиту, личный вклад автора, апробация полученных результатов и публикации соискателя.

В первой главе приводится физико-географическая характеристика и анализ изученности вопросов прогнозирования ледовых явлений. Автор дает общее описание бассейнов, гидрологического и ледового режима рек рассматриваемой территории, приводит сведения об изучаемых озерах, гидрологических постах, расположенных на водных объектах. Отмечается, что на Кольском полуострове преобладают малые реки, которые вместе с многочисленными озерами образуют связанные системы, что сказывается на ледовом режиме водоемов и водотоков. Также, в главе приводится обзор исследований, посвященных прогнозу ледовых явлений в том числе, с учетом климатических изменений. Сделан вывод о том, что современные прогнозы опираются на сочетание классических эмпирических знаний и использование новых технологий.

Во второй главе дается климатическая характеристика района исследования. Приведены сведения по основным метеорологическим параметрам, влияющим на ледовый режим рек и озер. Отдельное внимание уделено многолетним колебаниям температуры воздуха. Автором с использованием данных метеостанций установлен тренд на повышение температуры воздуха за период с 1890 г. по н.с., что влияет как на формирование стока рек, так и на ледовый режим. Кроме этого, рассмотрена пространственно-временная изменчивость индексов суровости зимы, условий замерзания и другие параметры среды.

В третьей главе выполнен анализ особенностей ледового режима рек и озер в период замерзания. Выполнена классификация рек и озер Кольского полуострова по условиям и типам замерзания. Выявлены и описаны закономерности появления разных типов первичных ледовых явлений и установления ледостава. Сформированы основные выводы по изменению ледового режима рек и озер Кольского полуострова. Выявлено позднее установление ледостава, тогда как изменения сроков появления первичных ледовых явлений выражены слабее. Для озер и водохранилищ показано более равномерное смещение сроков замерзания, в среднем примерно на одну декаду. Полученные закономерности подкрепляются анализом метеорологических условий Кольского полуострова, описанных в предыдущей главе.

Четвертая глава содержит анализ существующих методик прогноза характеристик ледового режима, используемых в гидрометеорологической практике. Автор корректно

показывает достоинства и ограничения традиционных эмпирических зависимостей, основанных на температуре воды, уровне воды и температуре воздуха, а также отмечает, что в условиях современного изменения климата устойчивость таких связей снижается. Важным результатом главы является постановка требований к новым прогностическим моделям: ограниченное число однозначно определяемых предикторов, возможность их получения на сети Росгидромета, сохранение требуемой заблаговременности и повышение качества прогнозов.

В пятой главе представлено обоснование использования различных методов машинного и глубокого обучения для прогноза осенних ледовых явлений. Автором рассмотрены различные модели, приведены их достоинства и недостатки, выполнен сравнительный анализ на одинаковом наборе исходных данных для обучения. Наиболее убедительные результаты получены для регрессионных моделей на основе деревьев решений. Существенным достоинством работы является сравнение разработанного метода с действующими эмпирическими зависимостями: показано, что средняя оправдываемость прогноза первичных ледовых явлений и установления ледостава новым методом значительно превышает оправдываемость прогнозов по эмпирическим зависимостям.

В заключении сформулированы основные результаты исследования. Они логично вытекают из содержания диссертации и подтверждают достижение заявленной цели: автором сформирована база данных, выявлены закономерности изменения ледового режима, разработана типизация условий замерзания, определены информативные предикторы и предложены методы прогноза сроков появления льда и установления ледостава на реках и озерах Кольского полуострова.

Содержание автореферата отражает основные результаты, положения, выводы и соответствует диссертационной работе.

Представленная диссертация по структуре и содержанию является хорошим, качественным, полноценным научным трудом. Важным достоинством диссертационного исследования является глубокий анализ больших массивов данных с использованием современных, только набирающих популярность, нейросетевых методов. Вместе с тем, считаем нужным выделить ряд **замечаний**:

1. Термин «появление льда» в названии работы выглядит не совсем научно. Лучше бы подошло «...формирования ледяного покрова...».

2. Большая часть гидрометрических постов, как на реках, так и на озерах, расположена вдоль федеральной трассы «Кола». В связи с этим, возникает вопрос о том, на основе каких данных получена карта, приведенная на рис. 3.1? Судя по рис. 1.2.1 в центральной части Кольского полуострова гидропостов вообще нет. Что означают контуры бледно зеленого цвета? В легенде это не обозначено. Контуры частично совпадают с

обозначенными на рис. 3.1.1, но и там в легенде не хватает 1-го цвета, или он лишний на карте.

3. При характеристике исследуемого района и гидрологической изученности территории недостаточно полно отражена неоднородность исходной наблюдательной базы. В работе следовало бы более четко указать, какие гидрологические посты имеют длительные и однородные ряды наблюдений, а по каким водным объектам ограниченность исходных данных может влиять на надежность статистического анализа и результаты прогнозирования.

4. В главе 2 связь рассчитанных климатических индексов с последующим выбором предикторов для прогностических моделей могла бы быть раскрыта более подробно. В частности, следовало бы пояснить, каким образом результаты анализа индекса условий замерзания учитывались при построении моделей машинного обучения.

5. В главе 3 выполнена типизация рек по условиям замерзания. Однако критерии отнесения отдельных участков рек к полуравнинному, озерному и горному типам могли бы быть сформулированы более четко. Здесь украсила бы работу, на мой взгляд, разработка карта-схемы Кольского полуострова с районированием рек по условиям и типам замерзания.

6. Оценка качества существующих эмпирических методик приведена на ограниченном числе примеров. Для более убедительного обоснования необходимости перехода к новым прогностическим подходам желательно расширить ретроспективное сопоставление традиционных и разработанных методов по большему числу постов и лет наблюдений.

7. В работе недостаточно обоснован порядок разделения исходной выборки на обучающую и тестовую части. В частности, не пояснено, почему в качестве границы выбран именно 2010 год и насколько такое разделение отражает современные условия формирования ледовых явлений. Следовало бы дополнительно обосновать выбор тестового периода либо проверить устойчивость результатов при других выборках данных.

8. Модель обучается на данных, полученных до 2010 г., а тестируется на полученных после (с. 92), при этом в самой работе показан сдвиг сроков ледостава в среднем на 14 дней (с. 6, 64), а для отдельных рек — до 61 дня (р. Чаваньга, с. 65). Модель учится на одном климатическом режиме, проверяется на другом. Не представлен анализ того, как качество прогноза меняется по годам тестового периода и не деградирует ли он к 2020–2022 гг.

9. Параметры всех моделей (XGBoost, нейросети) заданы как «стандартные начальные настройки» без какого-либо подбора гиперпараметров и кросс-валидации. Выборка разбита однократно (обучение до 2010 г., тест с 2010 г.). Без этого невозможно отделить вклад архитектуры от качества настройки. Кроме того, модель обучается с

метрикой МАЕ (с. 94), а оценивается по среднеквадратичной погрешности S (с. 91–92) это разные функции потерь.

10. Оценка качества разработанных прогностических моделей требует более строгой увязки с понятием заблаговременности прогноза. В диссертации в основном анализируются результаты в пределах выбранного окна оправдываемости, тогда как для практического использования методики принципиальное значение имеет соответствие ошибки прогноза его заблаговременности.

Указанные замечания носят дискуссионный и редакционно-методический характер, не снижают общей научной и практической значимости выполненного исследования и не влияют на положительную оценку диссертационной работы. Диссертационная работа «Закономерности появления льда и методы прогноза его сроков на реках и озерах Кольского полуострова» представляет собой качественно выполненную, законченную научно-квалификационную работу.

Диссертация соответствует требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г. (в действующей редакции), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Канашин Сергей Андреевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата географических наук по специальности 1.6.16 – Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия.

Официальный оппонент:

Гармаев Ендон Жамьянович

доктор географических наук, академик РАН

(специальность 25.00.27. Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия)

и.о. директора Федерального государственного бюджетного учреждения науки Байкальского института природопользования Сибирского отделения Российской академии наук

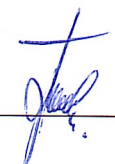
e-mail: garend1@yandex.ru

Адрес места работы: 670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, д.6,

Интернет сайт: <https://www.binm.ru/>

Тел.: +7 (301-2) 43-36-76, e-mail: info@binm.ru

«03» августа 2026 г.

 / Е.Ж. Гармаев



Подпись Гармаева Е.Ж.
УДОСТОВЕРЯЮ
Ученый секретарь БИП СО РАН, к.х.н.
Пинтаева Е.Ц.
мл. "03" августа 2026 г.

Я, Гармаев Ендон Жамьянович, даю согласие на включение моих персональных данных в документ, связанный с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.