

## ОТЗЫВ

члена диссертационного совета на диссертацию

Лис Натальи Андреевны на тему: «Долгопериодные изменения ледовитости и поверхностной температуры воды морей Северо-Европейского бассейна», представленную на соискание ученой степени кандидата географических наук по научной специальности 1.6.17.

Океанология

**Целью работы** являлось исследование структуры долгопериодных колебаний температуры поверхности океана (ТПО) и площади льда (ПЛ) морей Северо-Европейского бассейна (СЕБ), а также, исследование причин этих колебаний и разработка статистических моделей долговременных изменений ТПО и площади ледяного покрова.

**Актуальность исследования** связана с отсутствием однозначности интерпретации наблюдаемых изменений ТПО и ПЛ в морях СЕБ, с рассогласованностью прогнозируемых изменений и наблюдений, а также, с необходимостью разработки физико-статистической модели, способной воспроизводить наблюдаемые изменения.

### **Структура и объем диссертационной работы.**

Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, основных выводов, списка использованных источников, заключения, приложения. Содержит 145 страниц, 26 рисунков и 18 таблиц. Библиография включает 192 источника.

**Во введении** обоснована актуальность работы, определены цель и задачи исследования, сформулированы положения, выносимые на защиту, описаны научная новизна и научная и практическая значимость работы, обоснована достоверность полученных результатов и соответствие паспорту специальности, приведен перечень публикаций по теме диссертации.

**В первой главе** даны основные сведения об особенностях района, ледового и гидрологического режима, изложены основные принципы физико-статистического подхода для анализа долгопериодных колебаний. Описаны данные и методы исследований.

**Во второй главе** описаны особенности долгопериодной изменчивости ТПО в морях СЕБ. Рассмотрены закономерности пространственно-временной изменчивости долгопериодных колебаний ТПО в морях СЕБ. Предложено разделение Северо-Европейского бассейна на однородные по ТПО районы. Выполнен кластерный анализ и выделены периоды высокой, средней и низкой ТПО. По результатам спектрального и кластерного анализов выдвинуто предположение, что при анализе сопряженности необходимо учитывать те гидрометеорологические и астрогеофизические факторы, которые имеют подобные значимые периоды колебаний.

**В третьей главе** представлены результаты анализа статистической структуры межгодовой изменчивости ледовитости морей Северо-Европейского бассейна. Подтверждено наличие отрицательного тренда для ПЛ в морях СЕБ за рассматриваемый период.

**В четвертой главе** представлены результаты исследований сопряженности ПЛ и ТПО с гидрометеорологическими и астрогеофизическими характеристиками. Представлены

результаты анализа циклических колебаний глобальных климатических индексов, а также астрогеофизических параметров. Построены гистограммы гидрометеорологических индексов и астрогеофизических параметров. Представлены статистические модели изменчивости ПЛ и ТПО. Анализ информативности различных гидрометеорологических и астрогеофизических факторов в задаче описания изменчивости ТПО и ПЛ выполнен с помощью численных экспериментов на физико-статистических уравнениях для зимней и летней ТПО морей Северо-Европейского бассейна. Приведены оценки вклада полученных предикторов. Представлены разработанные уравнения описания межгодовых колебаний исследуемых характеристик с анализом показателей качества моделей. В качестве основных предикторов во всех уравнениях используются влияние притока Атлантических вод и изменчивость атмосферной циркуляции.

**В заключении** приводятся результаты диссертационного исследования и обобщаются полученные в работе закономерности

**Основные результаты работы** заключаются в следующем.

1. Создана база данных за период 1951–2021 годы, которая включает в себя ТПО и ПЛ морей СЕБ; гидрометеорологические и астрогеофизические характеристики.
2. Для межгодовых изменений ТПО и ПЛ морей СЕБ в зимний и летний сезоны подтверждены наличие линейного тренда и полициклическость колебаний. Выделенные циклы в ПЛ и ТПО коррелируют с периодами индексов атмосферной циркуляции, таких как Арктическое колебание и Арктический диполь: 18, 14, 10, 9 и 7 лет. Семилетний цикл также выделяется в Тихоокеанско-североамериканском колебании.
3. Получены статистические связи межгодовой изменчивости ТПО и ПЛ морей СЕБ не только с гидрометеорологическими факторами, но и с астрогеофизическими параметрами.
4. Выделены семь районов Северо-Европейского бассейна, отличающихся особенностями в гидрометеорологическом и ледовом режимах.
5. Получены физико-статистические уравнения долгопериодной изменчивости ТПО и ПЛ морей СЕБ в зависимости не только от гидрометеорологических, но и от астрогеофизических факторов. Оправдываемость прогнозов с использованием полученных уравнений составляет от 77 до 92% для ПЛ и от 78 до 93% для ТПО.
6. Выявлена высокая информативность предикторов уравнения как для ПЛ, так и для ТПО. Наибольший вклад (от 23% до 87%) в общую дисперсию ПЛ вносит ПЛ предшествующего сезона. В моделях, где был исключён предиктор «ПЛ предшествующего сезона», вклад в общую дисперсию гидрометеорологических факторов составил до 94%, а вклад астрогеофизических факторов – до 60%.

Основные результаты работы в полной мере отражены в публикациях автора в рецензируемых научных журналах.

**Достоверность** полученных результатов подтверждается публикациями автора в рецензируемых российских и международных журналах, а также представлением результатов на многочисленных конференциях и семинарах. Все полученные результаты верифицированы на данных контактных и спутниковых измерений.

**Новизна исследования** заключается в том, что

- расширены знания о структуре долгопериодных колебаний поверхностной ТПО и ПЛ морей СЕБ,
- получены уравнения, основанные на физико-статистическом моделировании, описывающие долгопериодные колебания ТПО и ПЛ морей СЕБ. При этом впервые в качестве предикторов использованы не только гидрометеорологические, но и астрогеофизические параметры;
- получены оценки вклада гидрометеорологических и астрогеофизических факторов в климатическую изменчивость ТПО и ПЛ морей СЕБ;
- выполнены оценки точности воспроизведения уравнениями долгопериодных колебаний ТПО и ПЛ морей СЕБ;

**Практическая значимость** заключается в том, что полученные статистические уравнения ТПО и ПЛ морей СЕБ могут быть использованы в качестве методов прогноза теплового и ледового состояния морей Северо-Европейского бассейна. Представленная методика может применяться при исследовании долгопериодных изменений (межгодовых и климатических) ТПО и ПЛ других Арктических морей..

**Замечания к диссертационной работе:**

1. В описании актуальности работы говорится, что изучение ледового и термического режима морей Северо-Европейского бассейна важно как для науки, так и для практики в части прогноза ледовых условий и температуры поверхности морей. Далее просится обзор исследований, посвященных такому изучению, который должен завершиться определением места диссертационной работы, следующее из анализа того, что же еще осталось неизученным. Часть введения под заголовком «Степень изученности долгопериодных колебаний ледовитости и поверхностной температуры морей Северо-Европейского бассейна» вроде бы и направлена на то, чтобы раскрыть эту степень изученности и состояние вопроса. Фактически же в тексте говорится, главным образом, о методах долгосрочных прогнозов ледовитости и ТПО, что никак не отражает изученность ледовитости и ТПО в морях СЕБ. Анализ литературы, в которой обсуждается роль различных механизмов в изменчивости ледового режима Баренцева и Гренландского морей, сделан на крайне ограниченном материале. Между тем, публикаций, в которых обсуждаются эти механизмы, достаточное количество. Кроме того, в обзоре отсутствует – от слова «совсем» - анализ работ, основанных на данных спутниковых измерений.

2. Фраза во Введении «В настоящее время с активным развитием спутниковой альтиметрии, в связи с имеющимися достаточно длинными временными рядами данных изменений площади льда Гренландского и Баренцева морей вновь активно исследуются как сезонные, так и межгодовые колебания ледовитости» свидетельствует об отсутствии у автора понимания основ спутникового дистанционного зондирования морского льда. Альтиметрические данные не являются теми данными, которые служат источником сведений о ледовитости арктических морей.

3. Вызывает вопрос рассогласованность заявленной темы диссертации с ее фактическим содержанием. Тема диссертации звучит как «Долгопериодные изменения ледовитости и ТПО

морей СЕБ». Фактически же большая часть работы посвящена созданию и проверке статистической модели прогноза этих изменений (которые с первой страницы текста в своей формулировке превращаются в «колебания», а не «изменения»).

4. При описании данных, использованных в работе, указано, что «Данные о среднемесячных значениях ледовитости Гренландского и Баренцева морей, используемые в работе, предоставлены отделом ледового режима и прогнозов ФГБУ «ААНИИ» с 1950 по 2021 годы». Это что за данные такие? Какой погрешностью они обладают? Очевидно, что у данных до 1980-х одна погрешность, после – другая. На мой взгляд, в современной науке нельзя просто сказать – «я использовал то, чем все вокруг пользуются и довольны». ФГБУ «ААНИИ» не могут являться источником данных о площади ледяного покрова. Таким источником могут служить центры спутниковых данных. В том случае, когда речь идет о площади льда во всем море до 1980-х, необходимо бы было дать пояснение, как такая площадь оценивалась. Данные по ТПО из реанализа - тоже хотелось бы более детального описания. Какова точность используемых данных до эпохи начала спутниковых измерений? А после? В некоторых местах диссертации речь идет о долях градуса в изменениях ТПО. При таких числах вопрос точности используемых данных нельзя обойти стороной.

5. Каким образом осреднялись ТПО морей при наличии ледяного покрова? Это важно, поскольку разные реанализы дают разные ТПО (зачастую, не имеющие физического смысла) для заполнения в узлах сетки, соответствующих ледяному покрову. Если море целиком покрыто льдом, его ТПО равна  $-1.88$  градуса? А если 10% моря занято водой с ТПО  $+3$  градуса, какова будет общая ТПО моря? В работе об этом нет ни слова. Этот вопрос особенно важен применительно к анализу ТПО Гренландского моря и обоснованности всех выводов, которые сделаны для этого моря, особенно для зимнего периода.

6. В конце первого параграфа второй главы сделан вывод «Таким образом, кластерный анализ позволил выделить два главных фактора, которые максимальным образом формируют крупномасштабную изменчивость межгодовых колебаний ТПО – это наличие/отсутствие льда и система поверхностных течений.» Хотелось бы, чтобы соискатель пояснила, на основании чего выделены эти факторы. Кластерный анализ позволил разделить рассматриваемый регион на районы, все остальные выводы сделаны из общих рассуждений без какого-либо количественного анализа.

7. Что характеризует индекс тренда применительно к оценке трендов в изменениях ТПО? Почему он является более удобной характеристикой для сравнения, если в формулу для его расчета входит длина ряда? Получается, что сравнение трендов рядов разной протяженности некорректно?

8. Я испытываю затруднения с восприятием характеристик трендов с размерностью градус за 37 или 34 года. Как интерпретировать утверждение «ТПО увеличилась в среднем на  $+0,01^{\circ}\text{C}/37$  лет»  $0,01^{\circ}\text{C}$  за каждый из этих 37 лет или за все 37 лет? Если за каждый, размерность должна звучать как градус/год.

9. Раздел 3.2 Внутренняя структура и инерционность ледовитости: «Для исследования влияния зимнего и летнего состояния ледяного покрова на площадь льдов в последующие

месяцы был выполнен кросскорреляционный анализ между средней площадью пары месяцев, начиная с наибольшей зимней ледовитости для каждого моря». Мне непонятно, о чем идет речь. Подобные неряшливые и непродуманные формулировки не дают возможности понять, корреляция между чем и чем оценивалась, а, соответственно, и дать оценку получившимся результатам.

10. Также прошу пояснить фразу «Выявленная инерционность ледовитости показывает, что предшествующее состояние ледяного покрова и его площадь является наиболее важным предиктором при разработке уравнений, как для диагноза, так и для прогноза». Что имеется в виду под диагнозом? Что для определения текущего состояния ледяного покрова мне нужно знать предшествующее? Насколько улучшают статистические прогнозы наше априорное знание о ледовитости моря в каждый конкретный сезон? Т.е. насколько точность прогноза по уравнению с использованием предикторов выше простой дисперсии ряда?

Несмотря на замечания, считаю, что работа актуальная, в ней получено много важных новых результатов, и диссертация Лис Натальи Андреевны на тему: «Долгопериодные изменения ледовитости и поверхностной температуры воды морей Северо-Европейского бассейна», представленная на соискание ученой степени кандидата географических наук по научной специальности 1.6.17. Океанология, соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Лис Наталья Андреевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по научной специальности 1.6.17. Океанология. Нарушения пунктов 9 и 11 указанного Порядка в диссертации не установлены.

Член диссертационного совета

д. ф.-м. н., в.н.с. лаборатории спутниковой океанографии РГГМУ

Заболотских Елизавета Валериановна

28 февраля 2024 г.

Подпись Заболотских Елизаветы Валериановны удостоверяю

Ученый секретарь Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный гидрометеорологический университет»

Алексеева Екатерина Геннадьевна

«29» февраля 2024 г.

