

ОТЗЫВ

члена диссертационного совета на диссертацию Егоровой Елизаветы Станиславовны на тему: «Состояние ледяного покрова Гренландского и Баренцева морей в условиях изменяющегося климата», представленную на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 1.6.17. Океанология.

Целью исследования является изучение пространственно-временных закономерностей параметров состояния ледяного покрова Гренландского и Баренцева морей.

Актуальность работы обусловлена особым географическим местом морей в климатической системе Арктики и недостаточной изученностью изменчивости ряда параметров их ледяного покрова - возрастной структуры льда, положения кромки преобладающих типов льда и др.

Структура и объем диссертации работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка сокращений и списка литературных источников. Объем работы - 171 страница.

Основные результаты, полученные в диссертации.

- Исследована структура ледяного покрова Гренландского моря по возрастным грациям на основе региональных ледовых карт ААНИИ. Показано, что, несмотря на наблюдаемое сокращение общей площади ледяного покрова Гренландского моря, относительные площади молодых, однолетних и старых льдов не имеют статистически значимого линейного тренда за 25-летний период наблюдений.
- Исследована структура ледяного покрова отдельных районов Баренцева моря по возрастным грациям. Показано отсутствие статистически значимых линейных трендов для относительных площадей молодых и однолетних льдов Баренцева моря на фоне сокращения общей площади ледяного покрова на его акватории.
- Выявлены основные факторы, определяющие межгодовую изменчивость возрастного состава льдов для отдельных районов Баренцева моря. Получены статистические уравнения, описывающие межгодовые изменения площади молодых и однолетних (тонких, средних и толстых) льдов и определены вклады каждого статистически значимого предиктора для отдельных частей моря.
- Получены оценки объема льдов, выносимых из Арктического бассейна через пролив Фрама в зимний период года. Предложена методика оценки толщины ледяного покрова на створе пролива на основе данных о возрастном составе с поправкой за счет деформированного ледяного покрова. Рассчитаны сезонные и межгодовые изменения объема выноса с выделением месяцев максимального и минимального значений характеристики.
- Проанализированы внутри- и межгодовые изменения ледовитости Баренцева моря и его отдельных районов. Для зимних и летних месяцев года выявлены два периода климатических изменений ледовитости Баренцева моря: с 1928 по 1985 гг., с

относительной стабильностью изменения ледовитости и незначимостью трендов для обоих сезонов, и с 1986 по 2021 гг., с активным таянием ледяного покрова.

- Рассмотрены природные факторы, определяющие межгодовые изменения ледовитости Гренландского и Баренцева морей. Выделены периоды циклических колебаний ледовитости и основных природных факторов, их формирующих. Отдельно для каждого сезона построены статистические уравнения, описывающие межгодовые изменения ледовитости Гренландского моря.

Все полученные автором результаты являются **новыми**.

В диссертации утверждается, что «**Достоверность** полученных результатов обеспечивается высоким качеством данных, используемых в работе». На мой взгляд, любое декларируемое «высокое качество» нуждается в подтверждении ссылками на публикации в высокорейтинговых изданиях и очень детальном описании. Безусловно, ледовые карты ААНИИ – это уникальный источник данных о возрастной структуре льда в морях Арктики. Но у этих данных очень высокий уровень пространственного и временного усреднения. Интерпретация спутниковых изображений ледовыми экспертами носит субъективный характер. Погрешности информации, содержащейся в исходных данных, не могут не влиять на результат исследований. И работы, в которых отсутствует анализ погрешностей данных, на которых строится всё исследование, обескураживают. Кроме того, **достоверность** результатов определяется не только качеством данных, но и методиками, (которые очень плохо описаны в диссертации), и особенностями их применения для конкретного исследования.

Логика описания работы не представляется мне ясной и четкой. Возможно, при лучшем описании ряд вопросов и замечаний отпал бы сам собой. Тексту диссертации очень бы помогла редакторская правка. Замечаний по сути много, ниже привожу основные.

Основные замечания к представленной работе:

1. В основе анализа параметров ледяного покрова морей лежат ледовые карты Гренландского и Баренцева морей, которые, начиная с октября 1997, с недельной дискретностью составляются ледовыми экспертами ААНИИ. Автор утверждает, ссылаясь на публикации исследователей из ААНИИ, что данные ледовой авиационной разведки периода 1950–1978 гг., и спутниковые данные, начиная с 1979 гг. по настоящее время можно объединять и рассматривать как единый ряд для исследования состояния ледяного покрова арктических морей. Это утверждение, снабженное ссылками на работы (Смирнов, 2011; Смирнов и др., 2010), далее используется как аксиома, не требующая доказательств. Между тем, исследования, на которые ссылается автор, - это обзорные работы, в которых, возможно, и встречается подобное же утверждение, но они недоказательные. Хотелось бы, чтобы автор пояснила, какие факторы позволяют объединить данные авиационных разведок и данные спутниковых наблюдений, когда речь идет о характеристиках, рассматривающихся применительно ко всему морю. Расхождения в определении характеристик, которые приводит автор, относятся к элементам моря, данные для которых

имеются, но не для больших площадей и регулярных наблюдений. А что с оставшимися площадями, над которыми не проводились авиационные наблюдения?

2. Очень вольно в работе определяется толщина льда разных возрастных градаций. В распоряжении ученых из ААНИИ есть не только доступные для всех данные спутниковых измерений толщины, например, лазерными альтиметрами, но и высокоточные данные наледных и подледных измерений толщины льда. Почему было не оценить погрешность таких средних для больших областей (а карты ААНИИ – это набор полигонов с уже усредненными характеристиками) значений толщины льда с ее точными измерениями? Почему серые и серо-белые льды – 12.5 см и 22.5 см, а молодые льды (когда не определить точно) – 30 см. Какова погрешность таких допущений и ее влияние на результаты расчета объема льдов? Также хотелось бы получить представление об ошибках использования фиксированных толщин старых льдов, причем, существенно различных для двух соседних временных диапазонов. Спутниковые измерения толщины многолетних льдов радар-альтиметрами отличаются неплохой точностью. Почему они не были использованы хотя бы для иллюстрации разброса толщин толстых льдов?

3. Абсолютно невнятно описано определение толщины льда при наличии торосов. Разве эта толщина не должна зависеть не от количества торосов на 1 км, а от процента площади, занятой торосами? Может ли автор пояснить, как на практике использовались приведенные в тексте диссертации формулы? Например, для старого льда $16 \cdot n \cdot h_3^2$, где $n=4$, а $h_3=1$ дает в итоге 64 для эффективной толщины льда, к которой еще нужно добавить толщину ровного льда. 64 – это в каких единицах измерений? Ссылка на 300 страницную книгу научного руководителя, в которой приведено описание методики (Миронов, 2004. – 319 с.), не имеющуюся в свободном доступе, мне представляется свидетельством неуважения к читателям, в частности, к рецензентам.

4. Совершенно переалистичными выглядят представленные значения ошибок определения толщин льда в проливе Фрама. Например, для количественной оценки изменений средней толщины однолетних толстых льдов в проливе Фрама использовались данные по толщине припая наземных полярных станций в море Лаптевых и в Карском море (подход, не имеющий под собой достаточной доказательной базы), а погрешность оценивается как 6-15 см. Требуется расшифровка методики расчета погрешностей и, как минимум, перечисление учитываемых неопределенностей толщины льда.

5. В выводах к главе 2 в качестве новизны работы указано, что «были впервые сформированы электронные архивы данных по основным параметрам состояния ледяного покрова Гренландского и Баренцева морей в современный климатический период с использованием уникальных региональных ледовых карт». В качестве основных параметров указываются «ледовитость и ее аномалии, положение кромки дрейфующих льдов в годовом цикле, возрастной состав ледяного покрова, границы преобладания льдов однолетних и/или старых льдов, объем ледяного покрова, выносимого через пролив Фрама из Арктического бассейна». Я не поняла из текста, ни что именно было добавлено к ледовым картам ААНИИ, кроме рассчитываемого объема льда, ни в каком виде хранятся данные. Что собой представляют цифровые данные, именуемые как «электронные архивы»? Если были оцифрованы карты ААНИИ, построенные до эпохи

регулярных спутниковых измерений, то каков вид этой оцифровки? Что из данных попало в электронные архивы?

6. В анализе пространственно-временной изменчивости ледяного покрова Гренландского моря (п.3.1.1) я не увидела рассуждений об относительном вкладе динамического и термического вкладов. Все рассуждения носят описательный характер и никак не апеллируют к площади вносимых и выносимых льдов (наименее изученный аспект этой изменчивости).

7. Анализ возрастной структуры льда в Гренландском море пестрит утверждениями, которые не подтверждены ни ссылками, ни иллюстрациями. Например, утверждается, что в январе начинают формироваться на акватории моря однолетние толстые льды. Наблюдаемые льды «исключительно местного образования», поскольку «в этом месяце в проливе Фрама толстых льдов еще не наблюдается». Где подтверждение такой категоричности? А как же дрейф льда? Если известно, что он приносит только старый лед, это следует подтвердить публикацией. Это лишь один пример из многих.

8. В анализе изменчивости структуры льдов не хватает оценки количественных изменений площадей льдов разного возраста. Относительный процент всей площади льдов – это, безусловно, интересно. Но недостаточно информативно, учитывая межгодовую и сезонную изменчивость этой площади.

9. Для анализа длинного ряда ледовитости Гренландского моря используется метод интегральных кривых аномалий, который, как утверждается, «позволяет определить характерные периоды межгодовых изменений аномалий ледовитости на отдельных промежутках времени. Интегральные кривые рассчитываются путем последовательного алгебраического сложения значений аномалий ледовитости по методике, предложенной для метеорологических характеристик авторами [Гирс и Кондратович, 1978]». Далее предполагается, что читатель должен найти цитируемую работу и разобраться, в чем суть используемой методики. Все используемые методы должны быть как минимум описаны в диссертации. А по-хорошему, должен быть дан ответ на вопрос, в чем преимущества использованной методики и ее недостатки.

Очень жаль, что регламент защиты не подразумевает работы над замечаниями до ее проведения. Потому что в целом работа представляется актуальной, интересной и своевременной, содержащей большой объем новых исследований на основе уникальных экспертных данных.

С учетом всего вышесказанного полагаю:

Содержание диссертации диссертацию Егоровой Елизаветы Станиславовны на тему: «Состояние ледяного покрова Гренландского и Баренцева морей в условиях изменяющегося климата» соответствует специальности 1.6.17. Океанология;

Диссертация является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи, имеющей значение для развития соответствующей отрасли знаний.

Нарушений пунктов 9, 11 Порядка присуждения Санкт-Петербургским государственным университетом ученой степени кандидата наук, ученой степени доктора наук соискателем ученой степени мною не установлено.

Диссертация соответствует критериям, которым должны отвечать диссертации на соискание ученой степени кандидата наук, установленным приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете» и рекомендована к защите в СПбГУ.

Доктор физико-математических наук, ведущий
научный сотрудник Лаборатории спутниковой
океанографии РГГМУ

9 декабря 2024 г.

Заболотских Е.В.

Подпись Заболотских Елизаветы Валериановны удостоверяю

И.о. проректора по развитию и научной работе Федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский
государственный гидрометеорологический университет»



Шилов Дмитрий Владимирович

«09» декабря 2024 г.