

## ОТЗЫВ

на кандидатскую диссертацию Лис Натальи Андреевны «ДОЛГОПЕРИОДНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЛЕДОВИТОСТИ И ПОВЕРХНОСТНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ МОРЕЙ СЕВЕРО-ЕВРОПЕЙСКОГО БАССЕЙНА» (Диссертация представлена на соискание ученой степени кандидата географических наук, научная специализация: 1.6.17. Океанология)

Кандидатская диссертация посвящена важной научной и практической проблеме исследования долгопериодных изменений ледовитости и поверхностной температуры в морях Северо-Европейского бассейна (СЕБ). Этот район является одним из ключевых в системе крупномасштабных переносов тепла и соли между Северной Атлантикой и Арктическим бассейном СЛО. В результате значительного сокращения объема морского льда в Северном Ледовитом океане в 1990-2010-е годы возросло тепловое воздействие океана на ледяной покров и арктическую атмосферу, что особенно ярко проявилось в Баренцевом море. Это воздействие выражается в усилении направленного к поверхности океана теплового потока из промежуточного слоя вод атлантического происхождения - так называемая «атлантификация Арктики» и в возрастании количества тепла, накапливаемого верхним слоем океана в летний сезон и отдаваемого в атмосферу в последующий зимний сезон. Указанные изменения влияют на температуру верхнего слоя вод и характеристики ледяного покрова с вероятными последствиями для климатических и погодных условий в Арктике и на прилегающих к СЛО континентах. Моря СЕБ являются акваториями круглогодичного судоходства, коммерческого рыболовства и регионами добычи нефти и газа. С учетом этого, надежная информация о ледовом и термическом режиме этих морей представляется крайне актуальной не только в аспекте фундаментальной науки, но и для прикладной задачи прогноза ледовитости.

Результаты исследования докладывались на ряде крупных научных конференций, включая две международные. Основные результаты диссертации опубликованы соискателем лично и в соавторстве с научным руководителем в 13-ти статьях, 5 из которых – в журналах, рекомендованных ВАК РФ, а 3 - в журналах, индексируемых в Scopus.

Структура диссертации логична и последовательна, что обеспечивает естественную взаимосвязь отдельных глав. Диссертационная работа состоит из введения, 4-х глав, основных выводов, списка использованных источников, заключения, приложения, содержит 149 стр. машинописного текста, 26 рисунков и 18 таблиц. Библиография включает 193 наименования.

**Введение** содержит все разделы, необходимые для представления диссертационной работы: в нем обсуждается актуальность и изученность темы, указываются объект и

предмет исследования, формулируются цель и задачи исследования, научная новизна и практическая значимость полученных результатов, оценивается их достоверность. Описываются теоретические и методологические основы исследования. Сформулированы положения, выносимые соискателем на защиту, раскрыт личный вклад соискателя по всем разделам диссертации и приведена информация об апробации работы.

**В первой главе** приводятся основные сведения об объекте исследования (СЕБ) и описаны методы, использованные в диссертационной работе. В параграфе 1.1 рассмотрены физико-географические особенности района исследований, его ледовый и гидрологический режим. В частности, отмечена значимость неоднородного рельефа дна в формировании системы поверхностных течений. В параграфе 1.2 излагаются основные принципы физико-статистического подхода для решения задачи анализа долгопериодных колебаний гидрометеорологических параметров и описаны данные, использованные в работе. На основе анализа публикаций по применению статистического анализа в гидрометеорологии обоснован вывод о эффективности метода множественной регрессии для получения статистических моделей изменчивости ледовитости и поверхностной температуры вод океана

**Во второй главе** подробно описываются особенности долгопериодной изменчивости температуры поверхности воды в СЕБ. В параграфе 2.1 дана характеристика термического состояния поверхности воды в морях СЕБ с учетом особенностей гидрологического режима. Показано, что особенности термической структуры верхнего слоя вод в значительной степени контролируются системой поверхностных течений и наличием/отсутствием льда. В параграфе 2.2. рассмотрены закономерности пространственной-временной неоднородности долгопериодных колебаний температуры поверхностных вод в СЕБ и методами разложения по естественным ортогональным функциям и кластерного анализа выделены однородные по поверхностной температуре районы, пространственное положение которых в целом соответствует результатам предшествующих исследований. По результатам спектрального и кластерного анализов высказана гипотеза о возможном вкладе циклических колебаний с различными периодами в формирование межгодовой изменчивости поверхностной температуры.

**В третьей главе** изложены результаты анализа статистической структуры межгодовых колебаний ледовитости морей СЕБ. В параграфе 3.1 дана характеристика ледовитости в морях СЕБ. Показано, что гидрометеорологические процессы в Баренцевом и Гренландском морях играют ключевую роль в тепломассопереносах между СЕБ и Арктическим бассейном. Теплые и соленые воды Северо-Атлантического течения

поступают через эти моря в Арктический бассейн, а в противоположном направлении осуществляется вынос холодных распресненных вод и морского льда. Подчеркнуто, что данная особенность является одним из важнейших климатических факторов, формирующих тепловой и ледовый режимы СЕБ. В параграфах 3.2 и 3.3 рассмотрена структура ледовитости в СЕБ, ее инерционность и особенности ее межгодовой изменчивости. В заключении главы 3 представлены результаты, подтверждающие наличие отрицательного тренда ледовитости СЕБ в современный период.

**Четвертая глава** посвящена разработке статистических моделей долговременных изменений ледовитости и температуры поверхности вод СЕБ. В параграфе 4.1 изложены результаты исследований сопряженности ледовитости и поверхностной температуры вод с гидрометеорологическими и астрогеофизическими характеристиками. Представлены результаты анализа циклических колебаний глобальных климатических индексов, а также астрогеофизических параметров. Показано, что уменьшение ледовитости в среднем соответствует положительной фазе климатических индексов. Рассмотрены связи между индексами арктической осцилляции (АО) и Северо-Атлантического колебания (САК) с атмосферной циркуляцией и тепломассообменом в океане между СЕБ и Северной Атлантикой. Сделан вывод, что увеличение продолжительности положительной фазы САК приводит к значительному и длительному увеличению температуры поверхности океана и уменьшению ледовитости. Показано, что начиная с 1980-х годов меняют свой знак широтная и долготная координаты положения полюса, параметры нутации Земли и изменение расстояния от Земли до Солнца. С учетом десятилетнего отставания изменения знака аномалии ледовитости и поверхностной температуры высказывается предположение о взаимосвязи этих процессов. В параграфе 4.2. представлены мультирегрессионные модели изменчивости ледовитости и температуры поверхности океана и анализируется информативность различных гидрометеорологических и астрогеофизических факторов, входящих в эти модели в качестве предикторов. Для разработки уравнений изменчивости температуры поверхности океана для теплого и холодного сезонов используются одинаковые предикторы и их итоговые комбинации с различными числовыми коэффициентами. Для проверки устойчивости полученных уравнений регрессии, временной ряд предикторов был разделен на две части 1951–2000 и 2001–2021 годы. По данным 1951–2000 годы были получены новые числовые коэффициенты, после чего был выполнен методический прогноз ледовитости по независимому ряду с 2001–2021 гг. Оправдываемость уравнений, полученных по более короткому ряду, составила 72–89%. На этом основании сделан вывод, что использование совокупности астрогеофизических и гидрометеорологических предикторов позволяет прогнозировать наиболее близкий к

реальности результат. В заключительной части главы 4 приведены оценки вклада отдельных предикторов в величину предиктантов (ледовитости и поверхностной температуры). Показано, что основными предикторами во всех уравнениях являются приток Атлантических вод и изменчивость атмосферной циркуляции.

**В заключении** соискатель обобщает итоги своего исследования, перечисляя основные выводы диссертационной работы.

В целом кандидатскую диссертацию выгодно отличает способность соискателя провести значительное научное исследование, начиная с постановки фундаментальной научной проблемы, теоретического обоснования, проведения статистических экспериментов и обработки их результатов до получения оригинальных выводов. Результаты данного исследования могут найти непосредственное практическое применение для разработки долгосрочных прогнозов температуры поверхностных вод и ледовитости в морях СЕБ. Исследование основано на современных методах обработки и анализа данных. Диссертация написана понятным языком, грамотно и аккуратно оформлена.

В диссертации имеется ряд недостатков:

- Положения, выносимые на защиту, сформулированы не традиционно и из этих положений не вполне ясно, какое новое знание/метод, полученное соискателем, выносится на защиту? Например, первое защищаемое положение правильнее было бы переформулировать следующим образом: «Разработаны статистические модели долгопериодной изменчивости поверхностной температуры воды и площади льдов Северо-Европейского бассейна...» и далее по тексту. Во втором защищаемом положении, первая фраз излишняя. Логичнее была бы следующая редакция: «Вклад в общую дисперсию ТПО и ледовитости...» и далее по тексту. Третье положение в имеющейся редакции, по сути, дублирует первое. В то же время, в защищаемых положениях отсутствует один из основных выводов исследования, следующий из главы 4, о хорошем совпадении методических прогнозов по разработанной соискателем методике с данными наблюдений.
- Параграф 2.2.1. Не ясен смысл выполненного районирования СЕБ по поверхностной температуре океана? В дальнейшем, при разработке статистических моделей, это районирование никак не используется, а модели строятся для отдельных морей, но не для выделенных районов.

- Стр. 71: «В последние годы многими авторами подтверждалось явление «атлантификации» ..., при котором холодные арктические воды вытесняются атлантическими в связи с их более активным поступлением». Интерпретация соискателем явления «атлантификации» весьма вольная. В статье, на которую ссылается соискатель (Аксенов и Иванов, 2018) указано, что под атлантификацией понимается возрастание влияния промежуточной атлантической воды на верхний перемешанный слой и ледяной покров. При этом подчеркивается, что необходимой предпосылкой атлантификации стало современное сокращение ледяного покрова в Баренцевом море и в бассейне Нансена в зимний сезон.

- Рисунки 4.1, 4.2 и ряд других. Не ясно, что имеется в виду под «условными единицами» на оси ординат? На рис. 4.3 на оси ординат указано: «нормированное на СКО, ТПО, усл. ед». Но в этом случае значения на оси ординат – безразмерные. При этом, видимо не ТПО, а аномалия ТПО, как указано в подписи к рисунку 4.3? На остальных графиках – так же? Требуется прояснить.

- Рисунки 4.6 – 4.8. С учетом важности графиков на этих рисунках, целесообразнее было бы на одной координатной плоскости приводить не значения посчитанные по всем уравнениям регрессии и фактические значения, а на отдельных графиках - значения для конкретного уравнения регрессии и фактические значения. В том виде, как эти графики приведены в диссертации, очень трудно понять, насколько прогностические значения близки к фактическим в отдельные годы.

Указанные недостатки не являются принципиальными и не снижают общей высокой оценки кандидатской диссертации.

Заключение по кандидатской диссертации

Кандидатская диссертация Лис Натальи Андреевны «ДОЛГОПЕРИОДНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЛЕДОВИТОСТИ И ПОВЕРХНОСТНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ МОРЕЙ СЕВЕРО-ЕВРОПЕЙСКОГО БАССЕЙНА» представляет собой законченное научное исследование, в котором на основе оригинальных исследований соискателя представлены обоснованные выводы, совокупность которых может быть квалифицирована как научное достижение. Исследование выполнено соискателем самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты, свидетельствующие о личном вкладе автора диссертации в науку. Основные научные результаты опубликованы, в диссертации автор правильно ссылается на цитируемые источники, заимствованные материалы и их авторов. Таким образом, считаю, что диссертационная работа Лис Натальи Андреевны

«ДОЛГОПЕРИОДНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЛЕДОВИТОСТИ И ПОВЕРХНОСТНОЙ  
ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ МОРЕЙ СЕВЕРО-ЕВРОПЕЙСКОГО БАССЕЙНА» соответствует  
основным требованиям, установленным Приказом от 19.11. 2021 г. № 11181/1 "О порядке  
присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете", а  
соискатель Лис Наталья Андреевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата  
географических наук по специальности 1.6.17 - Океанология. Пункты 9 и 11 указанного  
Приказа соискателем не нарушены.

Член диссертационного Совета,  
главный научный сотрудник кафедры океанологии географического факультета  
Московского Государственного университета им. М.В. Ломоносова,  
доктор физико-математических наук



Иванов Владимир Владимирович

«Подпись Иванова Владимира Владимировича заверяю»

Декан географического факультета МГУ им. М.В.Ломоносова, академик РАН



Добролюбов Сергей Анатольевич