

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Лемешко Егора Евгеньевича
«Крупномасштабная изменчивость уровня и течений Северного Ледовитого океана на
основе анализа спутниковых данных», представленную
на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 1.6.17 –
океанология

Актуальность темы диссертационной работы

Актуальность диссертационной работы Лемешко Е.Е. определяется необходимостью фундаментального изучения пространственно-временной изменчивости уровня и течений Северного Ледовитого океана (СЛО) в современных условиях значительного сокращения площади летнего ледяного покрова, с потенциальными последствиями для крупномасштабной циркуляции атмосферы, термохалинной и динамической структуры вод. С учетом интенсивного социально-экономического развития арктической зоны РФ и новыми геополитическими вызовами в Арктике, прикладная значимость выполненного исследования является очевидной, поскольку полученные результаты представляют важный информационный ресурс для эффективного использования Северного морского пути и обеспечения безопасности северных морских границ Российской Федерации.

Целью диссертационного исследования являлось получение пространственно-временных характеристик и количественных оценок изменчивости уровня и поверхностных геострофических течений СЛО на сезонных и межгодовых масштабах.

Достоверность и новизна исследования

Достоверность полученных результатов основывается на валидации спутниковых данных по имеющимся контактными измерениям уровня моря в прибрежной зоне и на островах СЛО, данных донных мареографов и скоростей течений по данным автономных буйковых станций, сопоставлением с картами динамической топографии и поверхностных геострофических скоростей, рассчитанных динамическим методом по архивам гидрологических наблюдений. Достоверность изменчивости реконструированной по спутниковым данным стерической компоненты уровня основана на удовлетворительном сопоставлении с оценками изменчивости термостерической и халостерической компонент уровня, рассчитанных на основе использования архивной гидрологической информации. Достоверность выделенных типов атмосферной циркуляции и их влияния на крупномасштабную изменчивость уровня и поверхностных геострофических течений подтверждается сопоставлением с типами циркуляции атмосферы, характерных для климатических индексов. Достоверность подтверждается также публикациями в рецензируемых журналах из списка ВАК и SCOPUS, а также выступлениями на

всероссийских и международных конференциях. Выводы, сделанные в рамках диссертационной работы, подтверждают и развивают представления, полученные другими авторами за последнее десятилетие.

Значимость научных результатов

Теоретическая значимость работы заключается в выявлении физико-географических закономерностей крупномасштабной изменчивости уровня и поверхностных геострофических течений СЛО. Полученные результаты могут быть использованы для уточнения взаимосвязей между воздействием атмосферы, динамикой океана, изменчивостью ледовитости. Новые результаты по реконструкции стерического уровня океана по спутниковым данным позволили предложить концептуальную схему режимов поверхностной циркуляции вод и распространения распресненных вод от стока арктических рек и таяния льда в зависимости от типов атмосферной циркуляции. Практическая значимость работы заключается в получении количественных оценок изменчивости уровня и скоростей поверхностных геострофических течений океана в зависимости от типа атмосферной циркуляции в Арктике. Полученные соотношения имеют прикладное значение для прогностических систем на основе использования спутниковой информации для обеспечения безопасности мореплавания по Северному морскому пути.

Оценка содержания диссертационной работы и ее завершенность

Диссертационная работа Лемешко Е.Е. состоит из введения, четырех глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы и приложения. Объем работы составляет 153 страницы. Текст иллюстрирован 47 рисунками. Библиографический список включает в себя 147 наименований, в том числе 85 на английском языке. В приложении содержится 8 иллюстраций.

Во **Введении** присутствуют все разделы, необходимые для представления диссертационной работы: обсуждается актуальность и изученность темы, указаны объект и предмет исследования, сформулированы цель и задачи исследования, научная новизна и практическая значимость полученных результатов, обсуждается их достоверность. Сформулированы положения, выносимые соискателем на защиту, указаны темы госзадания и проекты, в рамках которых соискателем выполнялись исследования, часть которых вошла в настоящую диссертацию. Результаты исследований докладывались соискателем на 11-ти научных конференциях разного уровня. Основные результаты работы опубликованы им и в соавторстве в 22-х работах, из них 4 статьи в рецензируемых научных журналах, 1 патент на изобретение и 47 статей в сборниках трудов и материалов конференций.

Первая глава работы посвящена обзору современных представлений об изменчивости уровня и циркуляции СЛО. В отдельных подразделах даны характеристика объекта исследования, факторов, влияющие на изменчивость уровня океана, климатической изменчивости циркуляции вод и гидрологических полей СЛО и возможностей, предоставляемых спутниковыми наблюдениями за уровнем океана. В заключении к главе 1 сформулированы нерешенные в настоящее время вопросы, часть которых была изучена в диссертационном исследовании.

Во **второй главе** описано применение метода самоорганизующихся карт на основе нейронной сети для типизации атмосферной циркуляции в Арктике, вводятся и рассчитываются индексы сезонной, межгодовой и суммарной повторяемости типов атмосферной циркуляции, приводится классификация гидрометеорологических полей на основе предложенного композитного метода. На основе оригинального метода построения самоорганизующихся карт приземного давления выполнена типизация режимов циркуляции атмосферы в Арктике для периода 1979–2018 гг. и выделено шесть характерных типов. Предложены индексы сезонной, межгодовой повторяемости типов и суммарный индекс циркуляции атмосферы, позволившие систематизировать временную изменчивость режимов циркуляции атмосферы на различных масштабах. Разработан композитный метод расчета пространственных распределений гидрометеорологических параметров и площади ледяного покрова, и изучена их взаимосвязь с выделенными типами атмосферной циркуляции. Обосновано применение предложенного соискателем суммарного индекса циркуляции атмосферы, являющегося обобщением индексов арктического колебания и арктического диполя с учетом других выделенных типов циркуляции атмосферы.

В **третьей главе** на основе спутниковых данных исследованы особенности изменчивости уровня и поверхностных геострофических течений СЛО на различных временных масштабах. Методами корреляционного анализа показано, что данные альтиметрии адекватно описывают изменчивость уровня СЛО, включая области океана, покрытые льдом. Выявлены области положительных значений тренда уровня. Проведено сравнение поверхностных геострофических течений, рассчитанных по абсолютной динамической топографии с данными измерений течений на автономных буйковых станциях, показавшее хорошее совпадение. Выявлен различный процентный вклад внутригодовой и межгодовой изменчивости уровня для шельфовых и глубоководных районов СЛО. Установлено возрастание скорости поверхностного геострофического течения в 2011-2020 гг. по сравнению с 2003-2014 гг., что согласуется с теоретическими оценками возрастания скорости дрейфа льда в условиях уменьшения его сплоченности.

Выполнена валидация данных GRACE на основе сопоставления с измерениями донного мареографа в отдельных точках за период 2005-2014 гг. и показано их удовлетворительное соответствие. Получены оценки трендов манометрической и стерической компонент уровня моря. Выделены районы с противоположными трендами указанных компонент уровня и определены величины трендов. Показано, что высокочастотная изменчивость уровня, генерируемая мезомасштабными процессами, завышает значения трендов крупномасштабной изменчивости уровня на 30-40%.

В обобщающей **четвертой главе** описаны особенности отклика уровня моря и поверхностных геострофических течений СЛО на выделенные типы циркуляции атмосферы и введенный соискателем суммарный индекс атмосферной циркуляции PSOM. С помощью предложенного соискателем композитного метода были построены карты аномалии абсолютной динамической топографии, показывающие противоположное направление поверхностных геострофических течений вдоль кромки шельфа для различных типов атмосферной циркуляции. Получены количественные оценки зависимости межгодовой изменчивости аномалий уровня моря и поверхностных геострофических течений на основе регрессионных соотношений в зависимости от величины индекса PSOM. Показано, что при отрицательной фазе PSOM возрастание градиентов уровня приводит к усилению градиентов давления между шельфом и более глубоководной частью океана и, как следствие, к увеличению скорости геострофических течений, что способствует увеличению притока теплых атлантических вод в Баренцево море и центральную часть СЛО. Во время отрицательной фазы PSOM, когда над Арктикой преобладают антициклонические типы циркуляции атмосферы, знаки аномалии скоростей течений меняются на противоположные. Впервые получены характеристики межгодовой изменчивости и оценки трендов стерической компоненты уровня для приполюсной области «слепого» пятна, которые согласуются с независимыми оценками тренда стерической компоненты уровня, рассчитанной по гидрологическим данным. Для противоположных фаз PSOM рассчитаны экстремумы стерического уровня, согласующиеся с изменениями поверхностной солёности. Представленные в диссертации результаты обобщены в формате концептуальной схемы режимов поверхностной циркуляции и распространения распресненных вод в зависимости от типов атмосферной циркуляции и суммарного индекса PSOM. Схема согласуется с режимами циркуляции океана на основе анализа поверхностных геострофических течений по данным альтиметрии и межгодовой изменчивостью реконструированной по спутниковым данным стерической компоненты уровня для полярной области океана и круговорота Бофорта за 2011–2020 гг.

В Заключении сформированы основные выводы исследований.

В качестве незначительных замечаний по диссертации можно отметить следующие:

Стр. 11-12 «Положения, выносимые на защиту»:

Из формулировки положений, выносимых на защиту, сложно понять, что конкретно соискатель защищает, поскольку в них явно не содержится утверждений, которые следовали бы исходя из результатов, представленных в диссертации. В трех положениях (2-4) содержится отсылка на введенные соискателем типы атмосферной циркуляции, однако отсутствует отдельное защищаемое положение, касающееся обоснования введения именно этих типов циркуляции, и суммарного индекса циркуляции атмосферы, который активно используется в работе при анализе закономерностей изменений уровня океана и поверхностных геострофических течений. Логично было бы включить в число защищаемых положений обобщенный результат Главы 2. В то же время, положения 2 и 3 можно было бы объединить в одно, поскольку в обоих этих положениях речь идет о связи аномалий уровня и поверхностных геострофических течений СЛО с типами атмосферной циркуляции.

Стр. 62-63: «Минимумы площади льда наблюдались в 1979, 1985, 1990, 1995, 2007, 2012 годах.... В эти периоды увеличивалась повторяемость, а следовательно, и длительность антициклонических типов атмосферной циркуляции – прежде всего типа №6...». Если обратиться к рис. 2.8, то из него следует, что в 1979, 1985 и 2012 гг. годовые индексы АК и PSOM достигали локальных минимумов, а в 1990 и в 2007 - локальных максимумов. С учетом этого, последующее утверждение, что «В указанные периоды уменьшения суммарной площади льда усиливается вынос льда из СЛО через пролив Фрама под действием антициклонических типов атмосферной циркуляции №3,4,6. » представляется достаточно спорным. Ранее, на стр. 60 утверждается, что антициклоническому «типу циркуляции атмосферы соответствует значительное увеличение площади морского льда», что соответствует общепринятым представлениям. Необходимо прояснить содержащееся в разных фрагментах текста противоречие.

Стр. 94. «Следовательно, баротропный отклик уровня моря на ветровое воздействие имеет масштаб нескольких месяцев....». Не ясно, на основании чего делается вывод о сдвиге в баротропном отклике уровня моря на ветровое воздействие в несколько месяцев?

Стр. 95. «...для сектора океана (65–85° с. ш., 0–70° в. д.), объединяющего Северное, Норвежское и Баренцево моря (СНБ)». Северное море расположено значительно южнее 65°с.ш. Поэтому последующее использования аббревиатуры СНБ не оправдано.

Заключение официального оппонента

Сделанные к диссертационной работе Лемешко Е.Е. замечания не влияют на общее положительное впечатление о ней. В своей работе диссертант выполнил завершённое, комплексное научное исследование на высоком уровне. Научные результаты, положения, выводы в достаточно полной мере отражены в опубликованных работах и представлены на множестве отечественных и международных конференциях. Содержание автореферата в полной мере отражает суть представленной работы.

Диссертационная работа Лемешко Егора Евгеньевича «Крупномасштабная изменчивость уровня и течений Северного Ледовитого океана на основе анализа спутниковых данных», представленная на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 1.6.17 – океанология в полной мере соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям (пп. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г.), а ее автор Лемешко Егор Евгеньевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата географических наук по специальности 1.6.17 – океанология.

Официальный оппонент

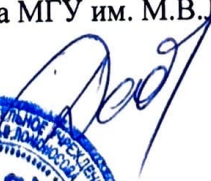
Доктор физико-математических наук,
главный научный сотрудник кафедры океанологии Федерального государственного
образовательного учреждения высшего образования Московский государственный
университет имени М.В. Ломоносова
119991, г. Москва, Ленинские горы, д.1,
тел.: +7(495)9392215
e-mail: тел. +7(495)9392215



Иванов Владимир Владимирович

18.02.2024

«Подпись Иванова Владимира Владимировича заверяю»
Декан географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, академик РАН



Добролюбов Сергей Анатольевич