

**ОТЗЫВ официального оппонента на диссертацию на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук  
Багатинского Владислава Андреевича на тему:  
"Океанические механизмы мультидекадной изменчивости климата в  
атлантическом секторе Мирового океана"  
по специальности 1.6.17 – Океанология "**

Диссертационная работа В.А. Багатинского посвящена анализу связи общего изменения климата и Атлантической мультидекадной осцилляции (АМО) с изменениями в меридиональной циркуляции в северной Атлантике на основе данных наблюдений и численного моделирования.

**Актуальность работы** обусловлена важностью Северной Атлантики для функционирования Земной климатической системы. Система океанических течений в этом регионе во многом определяет климат европейского региона, в том числе европейской части России. Это, в частности, проявляется в мультидекадной (с периодом в несколько десятков лет) изменчивости, имеющей глобальное значение. При этом следует иметь в виду, что механизм развития этой изменчивости к настоящему времени понят в недостаточной степени. Так, в ряде работ основной её причиной считается взаимодействие океана и атмосферы, тогда как в других публикациях междекадная изменчивость воспроизводится в океанических моделях без интерактивной атмосферы. Как следствие, работы с анализом междекадной динамики океана и её связи с другими характеристиками климата отличаются высокой научной актуальностью.

Особенностью работы, обуславливающей её **научную новизну**, является использование комбинированного подхода с использованием как данных наблюдений, так и современных технологий численного моделирования. В связи с этим следует отметить использование разработанного еще в СССР и незаслуженно редко используемого метода диагноза-адаптации для восстановления циркуляции океана по данным о его температуре и солёности, т.е. по информации, содержащейся в пространственном распределении плотности океанической воды.

**Структура и содержание диссертации.** Диссертация состоит из Введения, четырех глав, Заключения, списка обозначений, списка использованных источников. Общий объем диссертации составляет 135 страниц, в том числе 23 рисунков и 2 таблиц и списка литературы из 186 наименований.

Во Введении обоснована актуальность исследований диссертационной работы, поставлена её цель и задачи работы, изложены научная новизна и практическая значимость представляемой работы, перечислены основные методы исследования и выносимые на защиту положения.

Первая глава диссертации носит вводный характер. В ней даётся обзор современного уровня знаний о меридиональной циркуляции в Северной Атлантике, механизмах её формирования и влиянии на климат и его мультидекадную климатическую изменчивость.

Во второй главе содержится описание используемых данных объективных анализов по температуре и солёности, океанских реанализов, а также и атмосферного воздействия на океан. В различных разделах главы охарактеризованы периоды осреднения, представляющие фазы Атлантической мультидекадной осцилляции (АМО), приводятся конфигурация модели INMOM и необходимые для её расчета данные, описывается использование метода диагноза-адаптации для восстановления динамики океана по данным объективных анализов, методика оценки вклада изменений температуры и солёности в изменение функции тока Атлантической меридиональной опрокидывающейся циркуляции (АМОЦ) и проводится сравнение функции тока АМОЦ, рассчитанной по различным данным океанически объективных анализов и реанализов.

Темой третьей главы работы является анализ изменений термохалинного состояния и океанической циркуляции в Северной Атлантике для второй половины XX века и начала XXI века. При этом указывается на возможность использования перепада уровня океана между субтропиками и субполярными широтами в качестве индикатора изменчивости меридиональной океанической циркуляции в Северной Атлантике.

В четвёртой главе работы проводится исследование мультидекадной естественной изменчивости термохалинной циркуляции в Северной Атлантике. Основным методом анализа при этом является анализ композитов для разных

временных интервалов, позволивший сделать выводы о вкладе температуры и солёности в формирование АМО в разные фазы этого процесса.

В Заключении приведены основные выводы диссертационной работы.

В Приложении приведено детальное описание модели INMOM и влияния кинематического условия на поверхности, позволяющего отказаться от использования предположения о постоянстве объёма океана, типичного для ряда современных моделей.

Из результатов работы, научная новизна которых не вызывает сомнений, можно выделить следующие:

1. Потепление и осолонение верхнего слоя в Северной Атлантике толщиной 1 км в 1951-2017 гг. с похолоданием и распреснением в более глубоких слоях в тёплую фазу АМО с противоположными тенденциями в холодную фазу.
2. Доминирующий вклад потенциальной температуры в усилении основного ядра функции тока Атлантической меридиональной циркуляции в 1951-1990 гг. и солёности - в соответствующей ослаблении в 1991-2017 гг. Как следствие, возникает отрицательная обратная связь в отклике океана на потепление климата.
3. Связь между трендами функции тока Атлантической меридиональной циркуляции и среднезональных градиентов уровня моря между субтропиками и субполярными широтами.

**Степень достоверности результатов и апробация работы.** Достоверность полученных результатов и выводов обеспечивается использованием современных данных реанализа, современной численной модели общей циркуляции океана INMOM, детальной проработкой постановки численных экспериментов с ней и использованием апробированных статистических методов для анализа этих численных экспериментов. Основные результаты докладывались на ряде российских и международных конференциях. По теме диссертации опубликовано 5 статей (в том числе 3 - в изданиях из списка п. 2.3 "Положения о присуждении учёных степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова") и 4 тезиса докладов, которые дают полное представление о результатах работы соискателя.

Автореферат соответствует содержанию диссертационной работы.

**Теоретическая и практическая значимость работы** заключается в том, что выявленные по данным наблюдений механизмы связей в изменчивости термохалинного состояния с АМО и АМОЦ могут быть использованы при диагностике моделей земной системы, основу которых составляют совместные модели общей циркуляции атмосферы и океана.

В качестве **замечаний** по диссертационной работе и автореферату можно отметить следующее:

К главе 1:

- Приведённый обзор литературы и состояния современных знаний и меридиональной циркуляции океана в Северной Атлантике в недостаточной степени учитывает работы последних лет. Наиболее ярким примером этого является фраза на с. 25 "Согласно последней оценке Межправительственной группы экспертов по изменению климата ... 2007 г. ..." - к настоящему времени вышли ещё два Оценочных доклада МГЭИК - 2013 г. и 2021 г., причём в обоих из них было уделено внимание изменению характеристик меридиональной циркуляции океана в Северной Атлантике.
- Фраза " $18.7 \pm 2.1$  Св, а среднеквадратичное отклонение - 4.8 Св" на с. 22 требует пояснения. Если последнее значение - среднеквадратичное отклонение, то каков смысл значения 2.1 Св?

К главе 2:

- Метод диагноза-адаптации, играющий центральную роль в постановке численных экспериментов с моделью INMOM, в разделе 2.6 описан крайне скупо.

К главе 3:

- Коэффициенты тренда интенсивности меридиональной циркуляции, приведённые в начале раздела 3.2.4 указаны без соответствующих оценок неопределённости.
- Вывод в последнем абзаце данной главы о том, что "вынос льда и распреснённых вод из СЛО в СА (до 2030-х гг.) в будущем должно снова привести к распреснению и охлаждению СА..." требует уточнения. Этот эффект, судя по современным тенденциям изменения климата, будет наложен на общее потепление климата, и его проявление будет зависеть от соотношения между интенсивностями обоих эффектов.
- Не вполне понятно, почему на ряде рисунков этой главы статистическая значимость оценена не для всех разностей, а лишь для их части (рис. 14-16, 18, 19). Кроме того, в

диссертации не указано, учитывалась ли автокорреляция временных рядов при оценке статистической значимости.

К Приложению:

- Не умаляя целесообразности описания модели INMOM в приложении, отмечу, что ещё более целесообразным было бы описание метода диагноза-адаптации.

Ко всему тексту работы:

- Защищаемые положения работы требуют некоторого уточнения. Из первого положения следует, что потепление и осолонение верхнего слой в Северной Атлантике толщиной 1 км проявляется в 1951-2017 гг., тогда как из четвёртого - только лишь в тёплые фазы АМО (1951-1959 гг. и после 2000 г.) с противоположными тенденциями в холодные фазы (1973-1990 гг.).

- Рисунки с рядом меридиональных разрезов напечатаны очень мелко и плохо читаются.

- Работа изобилует пунктуационными ошибками и неправильным употреблением числа для существительных (в отношении последнего отмечу, что термин "анализы" и "реанализы" по русски звучит косноязычно, лучше использовать соответственно "данные анализа" и "данные реанализа").

Приведённые замечания, однако, не снижают общего положительного впечатления о работе.

Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 1.6.17 – "океанология", а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова, а также оформлена согласно приложениям № 5, 6 "Положения о диссертационном совете Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова".

Таким образом, соискатель В.А. Багатинский заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.6.17 – "океанология".

доктор физико-математических наук,  
ведущий научный сотрудник кафедры физики атмосферы  
физического факультета

Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова

**ЕЛИСЕЕВ Алексей Викторович**

*Лад*

Дата: 08.11.2022

Контактные данные:

тел.: 7(916) 8, e-mail: e )mail.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом  
защищена диссертация: 25.00.29 – "физика атмосферы и гидросферы"

Адрес места работы:

119991, Россия, ГСП-1, г. Москва, Ленинские горы, д.1, стр.2,

МГУ имени М.В.Ломоносова, физический факультет

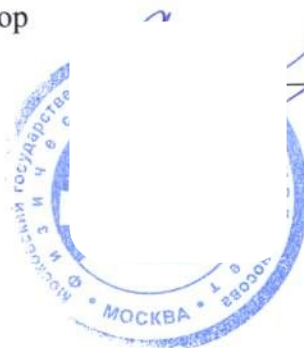
Тел.: +7 495 939-16-82; e-mail: [info@physics.msu.ru](mailto:info@physics.msu.ru)

Подпись сотрудника физического факультета Московского государственного  
университета имени М.В. Ломоносова А.В. Елисеева удостоверяю

Учёный секретарь

Учёного совета физического факультета Московского государственного университета  
имени М.В. Ломоносова МГУ, д.ф.-м.н., профессор

Дата: 8.11.2022



*В.А. Карavaев*