

Отзыв официального оппонента на диссертационную работу

Сухоноса Павла Алексеевича

на тему:

ФИЗИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ИЗМЕНЧИВОСТЬ
ТЕПЛОВОГО БАЛАНСА ВЕРХНЕГО ПЕРЕМЕШАННОГО СЛОЯ СЕВЕРНОЙ
АТЛАНТИКИ, И СЕВЕРОАТЛАНТИЧЕСКОЕ КОЛЕБАНИЕ

представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук
по специальности 25.00.30 –метеорология, климатология и агрометеорология

Диссертация посвящена оценке относительной роли составляющих теплового баланса верхнего перемешанного слоя (ВПС) Северной Атлантики в формировании аномальной структуры ВПС на межгодовом масштабе на основе анализа уравнения баланса тепла ВПС, массивов данных, а также исследованию характера взаимосвязи ВПС с североатлантическим колебанием (САК).

Объект исследования – тепловой баланс ВПС вод северной части Атлантического океана между 0° и 70° с. ш. и САК.

Предмет исследования – межгодовая изменчивость составляющих теплового баланса ВПС Северной Атлантики и её взаимосвязь с САК.

Цель работы – установить основные закономерности формирования межгодовой изменчивости характеристик ВПС в Северной Атлантике и механизм взаимодействия ВПС с САК с использованием замкнутого уравнения теплового баланса верхнего слоя горизонтально-неоднородного океана и многолетних данных ре-анализов атмосферы и океана.

Актуальность работы - тема диссертации является актуальной и направлена на решение важной научной проблемы, имеющей также практическую ценность и новизну.

Диссертационная работа П. Сухонос посвящена решению **следующих задач**:

1. Проанализировать относительную роль различных компонентов уравнения теплового баланса в формировании межгодовых вариаций как среднегодовой температуры ВПС, так и температуры ВПС в разные сезоны.
2. Оценить вклад различных слагаемых, описывающих аномалии адвективного переноса тепла, в суммарные аномалии горизонтальной адвекции тепла в ВПС Северной Атлантики на межгодовом масштабе.



3. Выявить взаимосвязь межгодовой изменчивости характеристик ВПС Северной Атлантики с САК.

Основные результаты исследований по теме диссертации неоднократно докладывались на международных и всероссийских совещаниях и конференциях, научных семинарах. Результаты диссертации опубликованы в 18 статьях, в том числе 6 статей в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК, 5 статей, входящих в базы Scopus и Web of Science;

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка использованных источников. Каждая глава разбита на параграфы, включая обзор к главе и выводы к ней. Объем диссертации составляет 165 страниц, в том числе 29 рисунков и 1 таблица. Список литературы включает 257 наименований.

В **первой главе** представлено подробное описание используемых данных и методы исследования **сезонной эволюции** составляющих баланса тепла ВПС. Для оценки составляющих баланса тепла, автор использовал интегральное уравнение теплового баланса ВПС в приближении вертикальной однородности температуры для случая горизонтально-несоднородного океана. Составляющие теплового баланса ВПС оценивались по данным реанализов ORA-S3, GFDL и GODAS для каждого месяца. Для анализа сезонной изменчивости компонентов баланса тепла ВПС в узлах сетки рассчитывались средняя величина и её среднее квадратическое отклонение (СКО) для каждого месяца года за весь исследуемый период и определялся вклад каждого слагаемого в суммарный тепловой баланс в зимний и летний сезон. Для анализа межгодовой изменчивости составляющих баланса тепла ВПС в каждом узле сетки рассчитывалась дисперсия компонентов баланса тепла по аномалиям от средних значений для каждого месяца за доступный период. После этого определялся вклад дисперсии отдельных составляющих баланса тепла в дисперсию компонентов правой части интегрального уравнения ВПС в эти месяцы. В результате сравнительного анализа различных слагаемых уравнения баланса тепла ВПС горизонтально-несоднородного океана была проведена оценка их вклада в баланс тепла ВПС, а также дана оценка погрешностей, возникающих при расчете его компонентов. По данным рассмотренных реанализов был сформирован массив слагаемых уравнения теплового баланса ВПС.

Вторая глава диссертации посвящена исследованию межгодовых изменений компонентов баланса ВПС. В результате данного исследования были сделаны следующие выводы:

- Среднегодовой баланс тепла в ВПС на межгодовом-десятилетнем масштабе квазистационарен и, в основном, определяется нелокальными процессами – адвекцией тепла и горизонтальной вихревой диффузией тепла.
- Локальное изменение температуры ВПС и тепловые потоки на нижней границе ВПС незначительны. Вклад тепловых потоков на верхней границе ВПС на большей части акватории меньше 30%.
- Взаимодействие сезонных флюктуаций компонентов вектора скорости течений и градиентов температуры ВПС в низких широтах определяет существенную долю (до 50%) изменчивости среднегодовой температуры ВПС.
- В центральной и восточной частях Северной Атлантики при оценке слагаемых среднегодового баланса тепла важны также погрешности, связанные с неточностью оценок среднегодовых потоков тепла на поверхности океана.
- Межгодовые флюктуации компонентов баланса тепла ВПС Северной Атлантики имеют выраженные сезонные особенности. Межгодовые колебания частной производной температуры ВПС по времени характеризуются наибольшей изменчивостью весной, а наименьшей – осенью.
- Наибольший вклад флюктуаций горизонтальной адвекции тепла в изменения температуры ВПС на межгодовом масштабе отмечается в зимний сезон, а наименьший – летом.
- Вклад межгодовых вариаций тепловых потоков на верхней границе ВПС, нормированных на толщину ВПС, в изменчивость температуры ВПС максимальен летом и минимальен осенью. Флюктуации тепловых потоков на нижней границе ВПС, нормированных на толщину ВПС, важны в районе формирования Североатлантической глубинной водной массы в осенне-зимний период и в окрестности Межпассатного противотечения в весенне-летний период.

Третья глава диссертации посвящена изучению закономерностей формирования межгодовых вариаций адвективного переноса тепла.

В результате данного исследования были получены следующие результаты:

- Даны оценка вклада различных физических механизмов в общий адвективный теплоперенос в ВПС на межгодовом масштабе для всех основных

течений Северной Атлантики и различных сезонов. В области Гольфстрима (после его отрыва от континентального склона) аномалии горизонтальной адвекции тепла в ВПС обусловлены в основном изменениями интенсивности течения, а в Гвианском течении и области Гольфстрима (до его отрыва) – вариациями горизонтальных температурных градиентов в ВПС. В Лабрадорском течении оба этих составляющих одного знака и примерно одинаковы по абсолютной величине. В Восточно-Гренландском течении они компенсируют друг друга.

- В зимний (летний) сезон межгодовые аномалии зональной адвекции тепла во внутренней части субполярного и аномалии меридиональной адвекции тепла во внутренней части субтропического круговорота (в окрестности ВЗК и Североатлантического течения) обусловлены в основном изменениями интенсивности течений.
- Вклад аномалий горизонтальных градиентов температуры, нереносимых аномальными течениями, в формирование межгодовых аномалий адвективного переноса тепла в ВПС Северной Атлантики в целом по акватории невелик. Исключение составляют области Североатлантического и Западно-Гренландского течений.

В четвертой главе диссертации, посвященной связи между САК и межгодовой изменчивости составляющих баланса тепла ВПС, получены интересные результаты о межгодовых колебаниях температуры ВПС и составляющих баланса тепла в северной части Северной Атлантики, которые на значимом уровне представлены периодичностями на масштабах 6–8 лет. Дано обоснованное подтверждение того, что изменчивость САК на масштабе около 8 лет представляет собой связанные колебания в североатлантической системе океан-атмосфера. Аномалии компонентов теплового баланса ВПС, индуцируемые атмосферным воздействием, могут, в свою очередь, эффективно влиять на колебания интенсивности зональной циркуляции в атмосфере.

Исследования теплосодержания океана (ТСО) показывают потепление мирового океана за последние десятилетия. Изменчивость ТСО значительна и составляет около ~ 93% нагрева Земли. Вклад Северной Атлантики составляет примерно 30% от 50-летнего глобального тренда ТСО, вместе на Северную и Южную Атлантику приходится около 50% мирового тренда. Эту тенденцию связывают с глобальным потеплением, причем субтропическое усиление вызвано неравномерным распределением потепления. Глобальный анализ

тенденции показывает потепление в верхнем слое субтропиков в Северной Атлантике и эту долгосрочную тенденцию связывают с Североатлантическим колебанием (САК). Скорость глобального потепления определяется изменениями радиационного воздействия на систему Земли из-за увеличения количества парниковых газов (ПГ) и других факторов, а также теплоемкостью Земли, в которой преобладает теплоемкость океанов. Очевидно, что эффективность, с которой океаны поглощают тепло, имеет большое влияние на скорость глобального потепления, известно также, что за последние несколько десятилетий наблюдается потепление в верхнем слое океана (примерно в 700 метровом верхнем слое Северной Атлантики, в то время как в нижнем глубоком слое наблюдается понижение температуры). Однако, если значительное количество тепла сможет проникнуть на глубину ниже 700 м, это увеличит эффективную теплоемкость земной системы и потенциально может замедлить глобальное потепление. Вариации атлантической термохалинной циркуляции (АТЦ) могут изменить температуру поверхности. В большинстве случаев моделирование показывает, что ослабление АТЦ в ответ на увеличение концентрация ПГ, ослабляет перенос тепла в океане к полюсу и увеличивает поглощение тепла океаном и, следовательно, ослабляет глобальное потепление. Однако, недавние исследования, анализирующие наблюдения последних десятилетий показали, что ослабление АТЦ тем не менее может приводить к нагреванию поверхности.

Поэтому небольшое **замечание** - оценка роли глубинных вод в поглощении тепла океаном, которая является важной задачей, в диссертации осталась в тени.

Следующее **замечание** – в уравнении 1.22-1.23 в q_{-h} (поток тепла через нижнюю границу ВПС) нет учета проникающей коротковолновой радиации.

В диссертации, с использованием данных реанализов, дана подробная диагностика известных термодинамических механизмов формирования теплосодержания ВПС: получены оценки членов уравнения теплового баланса ВПС в предположении горизонтальной неоднородности океана; дан подробный анализ их роли в формировании межгодовых вариаций среднегодовых температур ВПС и сезонных вариаций температуры ВПС. В связи с этим, как **замечание**, в разделе **Заключение** диссертации в первом предложении слово «закономерности» было бы уместнее заменить на «особенности», это точнее бы отражало суть данного исследования.

Приведенные замечания не снижают общего положительного впечатления о представленной диссертационной работе «Физические закономерности, определяющие изменчивость теплового баланса верхнего перемешанного слоя Северной Атлантики, и Североатлантическое колебание». Несмотря на исключительную сложность поставленной задачи, автору удалось получить интересные результаты, имеющие важное значение для

моделирования динамики климатической системы Земли и долгосрочного численного прогноза погоды. Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации.

Уровень и значимость полученных результатов диссертационной работы Сухонос П.А. полностью соответствуют требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.30 – метеорология, климатология и агрометеорология.

Сухонос П.А. заслуживает присуждения ему искомой ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.30 – метеорология, климатология и агрометеорология.

Согласен на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

Официальный оппонент

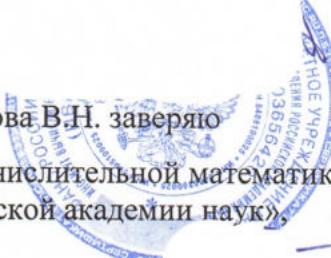
Доктор физико-математических наук,
ФГБУН «Институт вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения Российской академии наук»,

В. Н. Крупчанников
30.12.2020

Подпись д-ра физ.-мат. наук Крупчанникова В.Н. заверяю

Ученый секретарь ФГБУН «Институт вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения Российской академии наук»,
кандидат физико-математических наук

Л. В. Вшивкова



Крупчанников Владимир Николаевич,
Главный научный сотрудник, ФГБУН «Институт вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения Российской академии наук»,
ИВМиМГ СО РАН, Проспект академика Лаврентьева, 6, 630090, Новосибирск, Россия
Тел. +7 (913) 921-54-99
E-mail: vkrupchatnikov@yandex.ru

С отзывом ознакомлен Сухонос П.А.
11.01.212

Сведения об официальном оппоненте
 по диссертационной работе Сухоноса Павла Алексеевича
 на тему «**Физические закономерности, определяющие изменчивость теплового**
баланса верхнего перемешанного слоя Северной Атлантики, и
Североатлантическое колебание»
 представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических
 наук
 по специальности 25.00.30 — Метеорология, климатология, агрометеорология

Фамилия Имя Отчество оппонента	Крупчаников Владимир Николаевич
Шифр и наименование специальностей, по которым защищена диссертация	04.00.22 – Геофизика
Ученая степень и отрасль науки	доктор физико-математических наук
Ученое звание	
Полное наименование организации, являющейся основным местом работы оппонента	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения Российской академии наук»
Сокращенное наименование организации в соответствии с уставом	ИВМиМГ СО РАН
Ведомственная принадлежность организации	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Структурное подразделение	Лаборатория математического моделирования процессов в атмосфере и гидросфере
Должность	главный научный сотрудник
Почтовый индекс, адрес	Проспект академика Лаврентьева, 6, 630090, Новосибирск, Российская Федерация
Веб-сайт	https://icmmg.nsc.ru
Телефон	+7 (383) 222-25-30
Адрес электронной почты	vkrupchatnikov@yandex.ru
Список основных публикаций в рецензируемых научных изданиях, монографии за последние 5 лет по специальности 25.00.30 – метеорология, климатология,	1) Зуев В.В., Боровко И.В., Крупчаников В.Н., Савельева Е.С. Влияние температуры нижней субтропической стратосферы на динамику антарктического полярного вихря // Оптика атмосферы и океана. 2020. Т. 33. № 5. С. 415–418.

- | | |
|--|---|
| агрометеорология за последние 5 лет (не более 15 публикаций) | <p>2) Курганский М.В., Крупчатников В.Н. Российские исследования в области динамической метеорологии в 2015–2018 гг. // Известия Российской академии наук. Физика атмосферы и океана. 2019. Т. 55. № 6. С. 6–47.</p> <p>3) Мартынова Ю.В., Харюткина Е.В., Крупчатников В.Н., Антохина О.Ю. Связь вариации площади осеннего снежного покрова с температурным и циркуляционным режимами последующей зимы в Западной Сибири // Фундаментальная и прикладная климатология. 2018. Т. 1. С. 71–83.</p> <p>4) Крупчатников В.Н., Платов Г.А., Голубева Е.Н., Фоменко А.А., Клевцова Ю.Ю., Лыкосов В.Н. О некоторых результатах исследований в области численного прогноза погоды и теории климата в Сибири // Метеорология и гидрология. 2018. № 11. С. 7–19.</p> <p>5) Зуев В.В., Крупчатников В.Н., Боровко И.В. Влияние сильных извержений тропических вулканов на климат внтропических широт // Оптика атмосферы и океана. 2017. Т. 30. № 5. С. 404–408.</p> <p>6) Курганский М.В., Крупчатников В.Н. Российские исследования в области динамической метеорологии в 2011–2014 гг. // Известия Российской академии наук. Физика атмосферы и океана. 2016. Т. 52. № 2. С. 132–149.</p> <p>7) Зарипов Р.Б., Мартынова Ю.В., Крупчатников В.Н., Петров А.П. Система анализа состояния атмосферы в сибирском регионе с использованием модели WRF-ARW и трехмерного вариационного усвоения данных WRF 3D-VAR // Метеорология и гидрология. 2016. № 12. С. 33–43.</p> <p>8) Borovko I.V., Krupchatnikov V.N. The influence of the ocean currents parameterization on changes in tropical circulation at CO₂ concentration doubling // Bulletin of the Novosibirsk Computing Center. Series: Numerical Modeling in Atmosphere, Ocean, and Environment Studies. 2015. Iss. 15. P. 7–13.</p> <p>9) Мартынова Ю.В., Крупчатников В.Н. О</p> |
|--|---|

	<p>некоторых особенностях динамики общей циркуляции атмосферы в условиях глобального изменения климата // Известия Российской академии наук. Физика атмосферы и океана. 2015. Т. 51. № 3. С. 346–357.</p> <p>10) Borovko I.V. Krupchatnikov V.N. Responses of the Hadley cell and extratropical troposphere stratification to climate changes simulated with a relatively simple general circulation model // Numerical Analysis and Applications. 2015. V. 8. № 1. P. 23–34.</p> <p>11) Боровко И. В., Крупчанников В. Н. Математическое моделирование реакции циркуляции Гадлея и стратификации внетропической тропосфера на изменения климата с помощью спектральной модели общей циркуляции атмосферы // Сибирский журнал вычислительной математики. 2015. Т. 18. № 1. С. 27–40.</p>
Являетесь ли Вы работником ФБГНУ “Институт природно-технических систем” или ФГАОУ ВО “Севастопольский государственный университет” (в том числе по совместительству)?	Не являюсь
Являетесь ли Вы работником (в том числе по совместительству) организации, где работает соискатель ученой степени или его научный руководитель?	Не являюсь
Являетесь ли Вы работником (в том числе по совместительству) организаций, где ведутся научно-исследовательские работы, по которым соискатель ученой степени является руководителем или работником организации-заказчика или исполнителем (соисполнителем)?	Не являюсь
Являетесь ли Вы членом Высшей аттестационной комиссией при Министерстве образования науки Российской Федерации?	Не являюсь

Являетесь ли Вы членом экспертных советов Высшей аттестационной комиссией при Министерстве образования науки Российской Федерации?	Не являюсь
Являетесь ли Вы членом диссертационного совета, принявшего диссертацию к защите?	Не являюсь
Являетесь ли Вы соавтором соискателя степени по опубликованным работам по теме диссертационного исследования?	Не являюсь

_____ / (В.Н.Крупчатников)

Верно

Должность и место работы лица, заверяющего сведения

И.О. ученого секретаря ИВМ ЧГ СО РАН

Фамилия И.О.

Красичева М.В.

«____» _____ 2020 г.

