

Отзыв официального оппонента

доктора физико-математических наук Нерушева Александра
Федоровича

на диссертационную работу Безотеческой Евгении Андреевны «Пространственное распределение и изменчивость верхнетропосферных струйных течений Северного полушария», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.6.18 – Науки об атмосфере и климате

Диссертационная работа Безотеческой Евгении Андреевны посвящена исследованию особенностей пространственного распределения и изменчивости одного из наиболее энергетически значимых атмосферных явлений - высотных струйных течений Северного полушария. В качестве инструмента исследований выбрано использование данных реанализов с различным пространственным и временным разрешением.

Актуальность диссертационной работы определяется той существенной ролью, которую высотные струйные течения играют в циркуляционной системе атмосферы Земли. Они влияют на пространственное распределение газового состава атмосферы, генерируют внутренние гравитационные волны, могут вызывать болтанку самолетов вблизи своих границ. С ними связывают аномальные погодные явления. Со струйными течениями неразрывно связаны такие мощные атмосферные вихри, как тропические циклоны. Струйные течения (СТ), обладающие огромной кинетической энергией, – заманчивый природный источник возобновляемой энергии.

Рассматриваемая диссертационная работа, общим объемом 127 страниц, состоит из введения, четырёх глав, заключения и списка литературы. Она содержит 55 рисунков и 9 таблиц. Библиография включает 132 наименования.

Во введении обосновывается актуальность темы диссертационной работы, сформулированы её цели, приведены основные научные результаты и положения, выносимые на защиту. Обосновываются научная и практическая значимость работы, степень достоверности результатов проведенных исследований, определен личный вклад автора и сведения об апробации результатов, приведен список опубликованных работ по теме диссертации.

В первой главе, носящей обзорный характер, обстоятельно рассмотрены современные представления о СТ и их роли в климатической системе. Изложены физическая природа и механизм формирования СТ, классификация и основные типы СТ Северного полушария. Рассмотрена роль СТ в атмосферных процессах и погодообразовании. Подчеркнута недостаточная изученность реакции СТ на современное

изменение климата. Изложены сведения об используемых современных методах изучения СТ. Содержание этой главы свидетельствует о научной эрудиции автора, хорошем знании предмета диссертационной работы и литературных источников.

Вторая глава диссертации, является, по моему мнению, одной из центральных. В ней изложено описание авторской методики выделения ядра СТ в 3-х мерном поле ветра, учитывающий пространственную ориентированность СТ. Применение этой методики позволила автору получить интересные результаты о широтно-долготном и широтно-высотном распределении повторяемости ядер СТ для каждого месяца в атлантико-евразийском регионе за период 1980-2023 гг. Проведена верификация методики по данным различных реанализов и спутниковых снимков перистой облачности.

В третьей главе с использованием данных реанализа для периода 1980–2021 гг. представлены результаты годовой и межгодовой изменчивости кинетической энергии СТ в атмосфере Северного полушария. Приводятся оценки доли общей кинетической энергии атмосферы Северного полушария, связанной со СТ. Для количественной оценки степени меандрирования СТ атлантико-евразийского региона для периода 1980–2023 гг. приводятся оценки доли кинетической энергии, соответствующие меридиональной составляющей. Показано, что наибольший вклад величины меридиональной составляющей в интегральную кинетическую энергию отмечен в июне. Для характеристик СТ Северного полушария проведен анализ связи режимов СТ с явлениями Эль-Ниньо, с которыми связаны существенные межгодовые вариации глобальной приповерхностной температуры. В качестве дополнительного параметра приводятся результаты анализа широтно-долготного распределения планетарной высотной фронтальной зоны Северного полушария и оценки ее изменчивости.

Четвертая глава посвящена анализу особенностей пространственного распределения СТ в атлантико-евразийском регионе при воздействии некоторых внешних факторов, в частности, при внезапном стратосферном потеплении зимой 2014-2015 гг. и при моделировании формирования летних блокирующих антициклонов в июне 2010 г. над Европейской частью России и в июле 2018 г. над Скандинавским полуостровом с использованием численной модели WRF-ARW.

Каждая глава содержит основные выводы.

В Заключении кратко сформулированы основные результаты работы.

Оценивая диссертационную работу в целом, считаю, что она представляет собой большой завершенный научный труд, выполненный на высоком профессиональном уровне, в котором решена важная в научном и практическом плане задача: комплексное исследование особенностей пространственного распределения и изменчивости СТ

Северного полушария за период последних десятилетий с использованием различных методов и средств, а именно: полей реанализов, результатов численного моделирования, данных аэрологических наблюдений и спутниковых снимков.

Работа написана хорошим литературным языком, четко структурирована, она свидетельствует о высокой эрудиции автора, знании научной проблематики по теме исследования и смежным областям науки, способности формулировать задачи и получать значимые научные результаты.

Научная новизна выполненных исследований и полученных результатов не вызывает сомнений. Во-первых, разработан новый универсальный метод выделения ядер СТ в трехмерных полях скорости ветра, учитывающий пространственную ориентированность СТ, что позволяет с высокой точностью отслеживать ветвление и слияние, а также корректно идентифицировать участки СТ при сильном меандрировании. Во-вторых, впервые получены количественные и прогностические оценки интегральных характеристик СТ Северного полушария, впервые для атлантико-евразийского региона выделены два климатологических режима повторяемости ядер СТ: холодный (ноябрь-апрель) и теплый (июнь-сентябрь) с переходными режимами в мае и октябре. В-третьих, проведена оценка вклада меридиональной составляющей в кинетическую энергию, что позволило сделать вывод об отсутствии устойчивой тенденции к усилению меандрирования или зональности СТ в условиях наблюдаемого изменения климата. В-четвертых, впервые проведен анализ структурно связанных элементов общей циркуляции атмосферы – СТ и планетарной высотной фронтальной зоны (ПВФЗ) Северного полушария, что позволило выявить согласованные изменения их характеристик в современных климатических условиях.

Практическая значимость результатов выполненной работы связана, прежде всего, с возможностью использования разработанного универсального метода выделения ядра СТ на любых уровнях атмосферы, что позволяет автоматизировать обработку больших объемов данных и исследовать основные характеристики СТ, включая интенсивность и пространственное положение, даже на сильно искривленных участках. Еще один результат, имеющий важную практическую значимость, связанный с выявленным ослаблением интегральной кинетической энергии СТ Северного полушария и усилением меридиональных отклонений планетарной высотной фронтальной зоны (ПВФЗ) относительно климатической нормы, свидетельствует о наибольшей чувствительности этих параметров к климатическим изменениям в летний сезон.

Достоверность полученных автором результатов и обоснованность научных положений и выводов, содержащихся в диссертации, определяется использованием баз

современных атмосферных реанализов, прошедших всестороннее тестирование; применением статистически обоснованных методов анализа с оценкой значимости полученных показателей; физической согласованностью выводов с существующими теоретическими представлениями и результатами независимы исследований.

Основные результаты по теме диссертации изложены в 13 печатных изданиях, 5 из которых изданы в журналах, рекомендованных ВАК, и в журналах, входящих в базы данных SCOPUS, Web of Science или Russian Science Citation Index (RSCI); 8 – в тезисах докладов. Результаты работы неоднократно докладывались на российских и международных научных конференциях. Автореферат и опубликованные работы в полной мере отражают основное содержание диссертации.

В тоже время рецензируемая диссертация имеет, по моему мнению, ряд *недостатков*.

1. На с. 27 диссертации некорректно употребляется термин «атмосферные реки» применительно к СТ: *«.....Согласно этому определению СТ представляются в виде масштабных атмосферных рек, быстро текущих в медленно перемещающемся воздухе на их периферии»*. На самом деле «Атмосферные реки» – это нитевидные структуры (узкие области в атмосфере) в поле атмосферного водяного пара, обеспечивающие быстрый перенос влаги из тропиков в средние и высокие широты (см., например, Ермаков Д.М. Глобальная циркуляция скрытого тепла в атмосфере Земли по данным спутникового радиотепловидения//Исследование Земли из космоса. 2018. № 3. С. 3-28).

2. В подразделе 2.3. «Верификация метода по расположению гряд перистых облаков на спутниковых снимках» на с. 35 указано *«...Важно отметить, что разработанный алгоритм может быть успешно применен и для анализа последовательных спутниковых снимков, позволяя отслеживать эволюцию СТ во времени. Это может быть особенно ценно для верификации модельных данных»*. Идентификация СТ по спутниковым снимкам перистых облаков – это довольно грубый метод. Поэтому следовало бы оценить, какова его точность (погрешность) и достаточна ли она для решения поставленных задач. К сожалению, этого в диссертации нет.

3. Вызывает некоторое недоумение тот факт, что при объяснении смещения ядра СТ по широте (с. 40) не упоминается такой важный элемент межширотного обмена, как площадь арктического морского льда. Хотя в ряде работ убедительно показано её существенное влияние на широтное положение СТ.

4. При анализе трендов кинетическая энергия СТ Северного полушария в период 1980–2021 гг. (подпункт 3.1) не указаны возможные причины отрицательных трендов (с.55) в летний период.

5. Имеется ряд других мелких недостатков, в частности:

- на рис. 1.2 и 1.3 не указаны уровни, для которых получены распределения повторяемости СТ;
- то же самое на рис. 2.7 для повторяемости ядер СТ;
- неудачное выражение на с. 92: «....западные ветры становятся очень слабыми и даже восточными»;
- было бы желательно привести список основных обозначений и сокращений, используемых в диссертации.

Однако отмеченные недостатки не являются принципиальными и несколько не умаляют достоинств выполненной работы и не принижают ценность основных результатов, полученных автором.

Заключение

Изложенное выше позволяет сделать вывод о том, что диссертационная работа выполнена на высоком научном уровне и представляет собой *законченный научный труд*. Содержание диссертации полностью соответствует паспорту по специальности 1.6.18 – науки об атмосфере и климате. Автореферат работы достаточно полно отражает структуру диссертации и дает возможность сделать заключение о ее высоком научном уровне. Основные положения диссертации опубликованы в научных изданиях.

Таким образом, диссертация Безотеческой Евгении Андреевны «Пространственное распределение и изменчивость верхнетропосферных струйных течений Северного полушария» соответствует всем требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» утвержденных постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013г. №842, предъявляемых к диссертационным работам на соискание степени кандидата наук, а ее автор заслуживает присвоения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.6.18 – науки об атмосфере и климате.

Официальный оппонент

Главный научный сотрудник ФГБУ «НПО «Тайфун»

Доктор физико-математических наук (специальность 25.00.29 — Физика атмосферы и гидросферы),

ученое звание: старший научный сотрудник.

249038, Калужская область, г. Обнинск, ул. Победы 4.

Тел. 8 (484) 3971540, post@rpatyphoon.ru.

e-mail: nerushev@rpatyphoon.ru, тел: +7 (484) 399-7022

«20» ноября 2025г.

Нерушев А.Ф.

Я, Нерушев Александр Федорович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.



Нерушев А.Ф.

«20» ноября 2025 г.

«Подпись главного научного сотрудника ФГБУ «НПО «Тайфун» Нерушева Александра Федоровича удостоверяю»

Начальник научно-организационного отдела ФГБУ «НПО «Тайфун»



Прудникова М.Л.

«20» ноября 2025 г.