

УТВЕРЖДАЮ

Директор Федерального
государственного бюджетного
учреждения "Гидрометеорологический
научно-исследовательский центр
Российской Федерации"

к.г.н. Борщ Сергей Васильевич



« 16 » ноября 2020 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу Зюляевой Юлии Анатольевны «Стратосферно-тропосферное взаимодействие в различные фазы тихоокеанского десятилетнего колебания», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.29 – «Физика атмосферы и гидросферы»

Диссертация «Стратосферно-тропосферное взаимодействие в различные фазы тихоокеанского десятилетнего колебания» выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор, член-корреспондент РАН Сергей Константинович Гулёв.

На рассмотрение представлены том диссертации и автореферат. Диссертация включает введение, четыре главы, заключение и список использованной литературы. Полный объем диссертации составляет 125 страниц, включая 44 рисунка и 3 таблицы; список использованных источников включает в себя 203 наименования.

Оценка содержания диссертации

Работа Зюляевой Ю.А. посвящена долгопериодной изменчивости основных характеристик арктического стратосферного полярного вихря (СПВ), определению потенциальных предикторов формирования экстремальных состояний СПВ в различные фазы тихоокеанского десятилетнего колебания, а также влиянию стратосферных процессов на динамику тропосферы.

Прогностический потенциал характеристик стратосферной динамики признан современной наукой. Учет процессов, происходящих в средней атмосфере, улучшает качество прогнозов на всех временных масштабах от краткосрочных до климатических. Поэтому задача прогноза экстремальных состояний СПВ является чрезвычайно актуальной, так как дает возможность расширения заблаговременности долгосрочного прогноза тропосферной динамики.

Тихоокеанское десятилетнее колебание (ТДК) отражает изменчивость и интенсивность аномалий температуры поверхности океана (ТПО) в умеренных широтах. Крупномасштабные аномалии ТПО могут влиять на характер генерации и распространения планетарных волн и в свою очередь на стратосферную динамику. Но ТДК не является внутренней океанической модой, это результат взаимодействия атмосферных и океанических процессов различного временного масштаба. Поэтому при изучении ТДК достаточно сложно определить причинно-следственные связи. В данной работе ТДК скорее используется как источник планетарных волн (с зональными волновыми числами 1 и 2), и проводится оценка различий в физических взаимосвязях между тропосферой и стратосферой в различные фазы ТДК.

Во **Введении** определяется цель исследования, обосновывается актуальность работы, формулируются решаемые задачи, указываются основные результаты, их научная новизна и практическая ценность.

Глава 1 содержит обзор современного состояния исследований стратосферно-тропосферного взаимодействия в Северном полушарии в зимний период.

Рассмотрены факторы, влияющие на формирование планетарных волн, распространение которых из тропосферы влияет на динамику стратосферы. Описана

методика диагностики распространения планетарных волн на основе анализа трехмерного потока волновой активности Пламба. Использование данной характеристики для анализа стратосферно-тропосферного взаимодействия - удачное решение, в сравнении с потоком Элиассена - Пальма, с помощью которого получен ряд содержательных результатов, но который характеризует только среднезональную структуру явления. Рассматривается также прогностический потенциал стратосферных предикторов тропосферной динамики на различных временных масштабах.

К главе 1 имеются замечания. Рис. 1.1, призванный показать, какие слои атмосферы будут изучаться в работе, представляет профили температуры и плотности по стандартной атмосфере. Они далеко не соответствуют изучаемым в диссертации зимним условиям в реальной атмосфере. Следовало привести распределение и температуры, и ветра над северным полушарием именно зимой. Далее, работа Кидстона и др. [28], из которой взят рис. 1.4, не вполне корректно интерпретирована. Подпись под рисунком недостаточна по его содержанию (что за цифры 1 - 5 и стрелки?). После рис. 1.4 сразу появляется формула (1.1) - похоже, что пропущено несколько строк текста. На с. 18 читаем: "изменение высоты тропопаузы приводит к смещению положения струйных течений". Еще ранее, во Введении, уже встречалось такое утверждение. Между тем деформация тропопаузы - не причина, а только маркер настоящей причины смещения струйных течений - глубоких вертикальных циркуляций в высотной фронтальной зоне, охватывающей тропосферу и нижнюю стратосферу. Циркуляции возникают при эволюции тех самых планетарных волн.

Глава 2 посвящена анализу долгопериодной изменчивости интенсивности арктического стратосферного полярного вихря.

Проанализированы два параметра, характеризующие интенсивность СПВ. Первый - это зональный ветер, осредненный вдоль 60° с. ш. на уровне 10 гПа, второй - скорость ветра, осредненная вдоль края вихря на уровне изэнтропической поверхности 850 К. Важным результатом является выявление квазидесятилетних колебаний в интенсивности СПВ, фазы которого соответствуют фазам ТДК. При этом данное колебание проявляется в изменчивости обеих характеристик. В анализируемый период продолжительностью 60 лет укладываются 2 отрицательные и 2 неполные положительные фазы ТДК. Это, на наш взгляд, достаточно для убедительной демонстрации соответствия фаз.

Следует отметить, что в работе показаны отличия в долгопериодной изменчивости для ранней зимы (ноябрь–декабрь) и поздней (январь–февраль). Так, в декабре наблюдается усиление СПВ, а в феврале его ослабление. Это говорит как об изменившемся термическом режиме, так и о возможных различных тенденциях в интенсивности планетарных волн для этих месяцев. В качестве замечания можно отметить, что в работе нет объяснения в сезонном различии линейных трендов.

Очень тщательно и детально обсуждается методика расчета индекса ТДК и интенсивности СПВ, так же как и результаты расчета линейных трендов интенсивности. Различие трендов среднезональной (60° с.ш.) скорости и скорости на краю вихря очень выразительны и указывают не только на возрастающую со временем асимметрию вихря и его деформацию, но и на ослабление его к концу сезона. Правда, эта последняя особенность автором не подчеркивается.

Нельзя признать удачным рис. 2.1, на котором представлены характеристики нескольких реанализов, но не тех, о которых речь идет далее в тексте на с. 31-32.

В Главе 3 на примере таких характеристик СПВ, как площадь вихря и его интенсивность, показан процесс формирования «предсостояния» СПВ. Показано, что в начале зимы (ноябрь–декабрь) интенсивность СПВ определяется потоком волновой энергии в предшествующий месяц. При этом 1-я ЕОФ вертикальной компоненты потока Пламба может использоваться как предиктор интенсивности СПВ. Во второй половине зимы (январь–февраль) уже состояние СПВ (полей ветра и температуры) определяет интенсивность распространения планетарных волн из тропосферы в стратосферу. Важно, что интенсивность вихря и 1-я ЕОФ вертикальной компоненты потока Пламба связаны статистически значимо только в отрицательную фазу ТДК, а в положительную его фазу эти величины ведут себя как независимые.

Также продемонстрирована нелинейная зависимость интенсивности вихря от интенсивности аномалий ТПО в центральной части Тихого океана в положительную фазу ТДК.

В главе 3, как и выше, очень детально описаны и обсуждаются используемые методики, что похвально. Может быть, только в отношении фильтра Ланцоша это несколько излишне (с. 55-59). Вместо этого хотелось бы видеть более детальную интерпретацию рис. 3.14, представляющего значительный интерес.

В **Главе 4** проводится анализ долгопериодной изменчивости состояния СПВ, которое определяется положением центра вращения СПВ относительно полюса, формой и интенсивностью вихря. Разработана и применена объективная методика выделения кластеров формы СПВ на основе методов машинного обучения. Методика представляется надежной и эффективной, хотя выбор числа кластеров (12) носит черты субъективности. Результаты кластеризации выглядят убедительными. Далее показано, что частота повторяемости кластеров со смещенным центром вращения СПВ в сторону Евразии имеет статистически значимый положительный тренд за последние 60 лет. Это может объяснять отрицательный тренд в характеристике интенсивности СПВ, так как данная характеристика чувствительна к положению вихря относительно полюса.

Вторая часть (п. 3.4) главы посвящена влиянию СПВ со смещенным центром вращения относительно полюса на тропосферную динамику. Рассмотрение ограничивается случаями длительно существующих СПВ (более 7 дней), смещенных относительно полюса в сторону Евразии либо Гренландии. В качестве характеристики синоптической активности использовано среднеквадратическое отклонение полей геопотенциальной высоты поверхности 1000 гПа от средней. Сказано, что поля подвергались фильтрации, но что именно конкретно делалось, неизвестно. Между тем синоптические вихри характеризуются определенным диапазоном размеров, соответствующим геострофической турбулентности (зональные волновые числа от 8 до 20). Планетарные и длинные волны не должны попадать в характеристики синоптической активности. Делается вывод, что в случае смещения вихря на Евразию шторм-треки смещаются к северу от среднего положения, так же, как и в случае сильного СПВ, центрированного на полюсе. В случае же смещения СПВ в сторону Гренландии этого не наблюдается. Данный результат является новым (так как ранее анализировался только центрированный сильный вихрь), и из него можно извлечь указания, полезные для долгосрочного прогноза.

Важная проблема влияния стратосферного полярного вихря на тропосферную циклоническую деятельность скорее только поставлена в п. 3.4, и представленные первые результаты выглядят многообещающими. Предложенный подход перспективен, и хочется пожелать Ю. А. Зюляевой в дальнейшем продолжить работу в этом направлении, тем более, что оно имеет прямое практическое значение.

В **Заключении** сформулированы основные результаты диссертации.

Список литературы из 203 наименований показывает всестороннее знакомство автора с современным состоянием исследований по тематике работы и методов анализа реальных данных наблюдений в атмосфере. В списке, однако, только 6 источников на кириллице. При этом работы российских ученых представлены довольно широко, но только - изданные на английском языке. До смешного: статья Е. А. Жадина [109], напечатанная в "Метеорологии и гидрологии", цитируется по переводному изданию ("Russian Meteorology and Hydrology").

Работа написана хорошим языком, грамотно и аккуратно оформлена и отредактирована. Не все подписи под рисунками достаточно информативны. Кроме ранее упоминавшегося рис. 1.4, это относится к рис. 2.9, 2.11, 3.5, 4.6. Опечатки есть, но их мало. Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.29 – «Физика атмосферы и гидросферы».

Ю. А. Зюльева выполнила большую и трудоемкую работу, проявив хорошее знание методов статистического анализа реальных данных, - анализа, который в настоящее время является наиболее плодотворным средством исследования закономерностей динамики атмосферы. Ю. А. Зюлевой решена актуальная задача, вносящая весомый вклад в современное состояние знаний о стратосферно-тропосферном взаимодействии и имеющая практическое значение: полученные в диссертации результаты открывают возможности их применения для усовершенствования методов долгосрочного прогноза погоды.

Результаты работы широко опубликованы в отечественных и международных научных изданиях и неоднократно докладывались на международных конференциях.

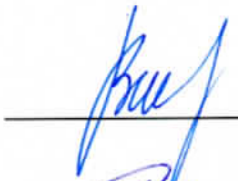
Диссертация полностью соответствует критериям пп. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, с изменениями постановления Правительства Российской Федерации от 21 апреля 2016 г. № 335, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Зюльева Ю.А., несомненно заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.29 – «Физика атмосферы и гидросферы».

Отзыв составил



/ Шакина Наталья Павловна /

Отзыв составил



/ Вильфанд Роман Менделевич /

Отзыв составил



/ Киктёв Дмитрий Борисович /

Адрес: 123242, Россия, Москва, Большой Предтеченский переулок, д.11-13

Телефон: +7 (499) 252-34-48

E-mail: hmc@mecom.ru

Я, Шакина Наталья Павловна, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.



Я, Вильфанд Роман Менделевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.



Я, Киктёв Дмитрий Борисович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.



Подписи Шакиной Н.П., Вильфанда Р.М., Киктёва Д.Б. удостоверяю.

Заместитель директора по науке



/ В. М. Хан /

« 16 » ноября 2020 г.