

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Кандиевой Канькей Кубаньчевны

на тему «ВЛИЯНИЕ ОСЦИЛЛЯЦИИ МАДЕНА-ДЖУЛИАНА НА ДИНАМИКУ  
ВНЕТРОПИЧЕСКОЙ СТРАТОСФЕРЫ»

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

Диссертационная работа посвящена одной из значительных проблем в области исследований динамики атмосферы – изучению особенностей формирования и взаимосвязей структур крупномасштабной циркуляции в Земной стратосфере. В основе работы лежит исследование тропических осцилляций Маденна–Джулиана (ОМД) и их влияния на основные особенности изменчивости циркуляции внетропической зимней стратосферы: процессы формирования и разрушения полярного вихря и внезапные стратосферные потепления (ВСП). Хорошо известно, что глобальная циркуляция тропосферы и стратосферы представляет собой единую связанную динамическую систему, а аномалии этой циркуляции в разных регионах могут влиять друг на друга и в целом определять как климатические характеристики, так и локальные погодные явления. В частности, аномалии циркуляционного вихря играют ключевую роль для изменчивости зимней тропосферы в Северном полушарии, а ОМД во многом влияют на состояние приэкваториальной области. Таким образом, исследование взаимовлияния аномалий общей циркуляции в разных областях Земного шара является важной задачей с точки зрения идентификации механизмов этих связей и их роли в формировании изменчивости погоды и климата, и может позволить улучшить качество и заблаговременность прогноза формирования этих и связанных с ними явлений.

Актуальность работы определяется с одной стороны значительным интересом сообщества к динамическому взаимодействию тропосферы и стратосферы в последние десятилетия, а с другой стороны сложностью и недостаточной изученностью связей между глобальными явлениями в разных широтных регионах. Если изучение основных аномалий циркуляции атмосферы в разных областях ведется с 1970-80ых годов, то ключевые результаты по идентификации динамических связей между этими явлениями в конкретной области начали появляться с 2000ых (в частности хорошо исследованы взаимосвязи приповерхностной внетропической изменчивости (Арктических осцилляций) и аномалий стратосферного циркуляционного вихря, а также связи в тропической области между явлениями стратосферных квазидвухлетних колебаний, Эль-Ниньо/Южное колебания и

ОМД, однако детальное исследование взаимосвязи тропической и внетропической динамики, в рамках которого находится данная работа, стало вестись только в последние годы.

В связи со сложностью объекта исследования и нехваткой данных систематических наблюдений, основой современной методологии исследований является математическое моделирование с использованием моделей различного уровня сложности. В данной работе основные результаты получены на основе как реанализов данных наблюдений, так и с помощью построения и использования численных моделей.

Основная задача работы обозначена как детальное исследование ОМД и его влияния на особенности циркуляции в зимней стратосфере. По существу, представленная работа опирается на математическое моделирование и использование современных методов анализа климатических данных. В частности, в работе построена новая полуэмпирическая модель ОМД и получены существенные результаты по оценкам влияния ОМД на аномалии характеристик полярного вихря и формирования ВСП с особенностями учета фазы квазидвухлетних колебаний.

Структуру диссертации составляют введение, четыре главы, заключение, а также список литературы. Во введении коротко представлена актуальность темы исследования, выделены основные задачи работы, обозначены её научная новизна и перечислены основные положения, выносимые на защиту, указаны основные методы исследования, коротко описано содержание диссертации и основные результаты.

Первая глава посвящена явлению осцилляций Маденна–Джулиана, коротко представлена история открытия и изучения явления, детально изложены характеристики ОМД и физические механизмы их формирования, выделены особенности горизонтальной и вертикальной структуры. Подробно рассмотрены теории формирования ОМД, выделены ключевые процессы, участвующие в этом процессе. Отдельно рассмотрена связь ОМД с атмосферными процессами, представлен подробный обзор работ с выделенными ключевыми результатами по данным связям, детально описан механизм влияния ОМД на аномалии внетропической стратосферной циркуляции, связанный с формированием аномального источника нагрева в тропической области и влиянием на процессы генерации и распространения волн, что является базовым объектом исследования в работе. Также в конце первой главы подробно описаны используемые в работе данные реанализов наблюдений, методы анализа и динамическая модель средней и верхней атмосферы (МСВА).

Во второй главе рассмотрена разработанная в данной работе полуэмпирическая модель источника ОМД на основе данных наблюдений. Путем анализа наблюдаемых характеристик

ОМД и аномалий нагрева построена аналитическая модель источника тепла и проведена ее подробная верификация, детально описан примененный метод выявления сигнала ОМД. Достоинством изложения в данном разделе работы является детальное описание проблем воспроизведения ОМД в моделях циркуляции атмосферы разного уровня, а также подробный уровень верификации построенной модели.

Стоит отметить, что по изложению первых глав видно детальное изучение и хорошее понимание автором ключевых особенностей ОМД, механизма их формирования и их роли в общей циркуляции атмосферы. В работе хорошо продемонстрирована и обоснован высокий уровень и строгость применяемой методологии анализа для решения основных задач.

Основные результаты диссертационной работы приведены в третьей и четвертой главе. В третьей главе исследовано влияние ОМД на циркуляцию внетропической стратосферы с учетом разных фаз квазидвухлетних колебаний на основе модели МСВА. С помощью анализа данных численных экспериментов и реанализов наблюдений в работе получены существенно новые количественные результаты о связях ОМД с аномалиями внетропической температуры, характеристиках ВСП и устойчивости стратосферного вихря. Отметим, что на основе сравнения данных моделирования и наблюдений отдельно показана значимость правильного учета ОМД в атмосферных моделях. Четвертая глава посвящена детальному исследованию связи изменчивости стратосферного полярного вихря с ОМД. Применен анализ вариаций индекса интенсивности вихря и площади полярного вихря при выделенных в работе 8-ми фазах ОМД, а также исследована корреляционная связь ОМД с датой весенней перестройки циркуляции. Получены важные результаты об идентификации связи силы и пространственной структуры стратосферного вихря с силой ОМД.

В заключении работы сформулированы основные научные результаты, наиболее ценные из которых, по мнению оппонента, заключаются в следующем:

- в ходе работы была разработана новая полуэмпирическая модель теплового источника ОМД на основе наблюдаемых характеристик,
- установлена особая роль ОМД в формировании изменчивости внетропической стратосферы при разных фазах квазидвухлетних колебаний,
- показана значимость ОМД в изменчивости стратосферного полярного вихря и сдвиге даты весенней перестройки.

Стоит отметить, что в работе в основном приведен ряд аналитических результатов по взаимосвязям ОМД и динамики внетропической стратосферы, и очень кратко предложены возможные физические механизмы этих связей без попытки более детального обоснования, что несколько снижает восприятие завершенности работы. В качестве рекомендаций по использованию результатов и выводов диссертации, целесообразным было бы продолжить

работу именно в направлении исследования физических механизмов, определяющих идентифицированные в работе явления.

Отмечая достоинства диссертационной работы, ее детальность, значимость и новизну результатов, следует указать на некоторые замечания.

- В качестве общего недостатка основного содержания работы можно отметить тот факт, что личный вклад автора в решаемые задачи и полученные результаты недостаточно выделены по ходу общего изложения материала, что обычно следует делать при подготовке диссертации. Особенно это касается частей с описанием применяемой методологии где, например, в изложении не видно явной разницы между изучением вопроса по литературе и исследованием, проведенным автором работы. То же замечание можно отнести к детализации новизны работы.
- Приведенный в конце первой главы раздел с описанием используемых данных, методов и моделей правильнее было бы выделить в отдельную главу или приложение.
- Выводы из результатов главы 3 и 4 выглядят не совсем обобщающими, желательно видеть более явную связность полученных в конкретной главе результатов. То же можно отнести и к заключению. Как отмечено выше, чуть более подробное рассмотрение возможных механизмов исследуемых связей ОМД и изменчивости циркуляции внетропической стратосферы с учетом полученных аналитических результатов возможно позволило бы улучшить изложение последних глав работы.
- Использование в работе данных реанализа JRA-55 выглядит не совсем уместным в рамках решаемых задач из-за низкой верхней границы, почему был выбран он дополнительно не оговорено (особенно с учетом того, что в работе используются более подходящий реанализ MERRA и упоминается ERA40, использование которого или последних версии ERA 5 выглядит предпочтительным).
- Название главы 3 по-видимому не совсем удачно соответствует содержанию, поскольку подразумевает одинаковое по детализации исследование роли как ОМД, так и квазидвухлетних колебаний, однако по сути анализировалось главным образом влияние ОМД на состояние внетропической стратосферы при двух разных фоновых фазах квазидвухлетнего колебания
- Подписи ко многим рисункам и обозначения на них не полностью соответствуют общепринятым требованиям: не везде обозначены шкалы высот, пояснения в подписях достаточны (не отмечено, где модельные данные, где реанализ и др.), нет единообразия обозначений.

Тем не менее, указанные недостатки можно считать незначительными, они не снижают ценности полученных результатов, а соответствующие замечания, как мы надеемся, будут полезны автору в дальнейшей работе. Диссертация представляет собой завершенную научно-исследовательскую работу на актуальную тему, выполненную автором самостоятельно на высоком уровне, отвечающую требованиям ВАК. Постановка задач и используемые методы изложены достаточно полно и обосновано. Результаты работы обладают новизной и научной ценностью.

Основные положения диссертации нашли полное отражение в публикациях автора. Ключевые результаты были представлены на многих всероссийских и международных конференциях, ключевых по данной тематике. Работа оформлена согласно требованиям, изложение хорошо структурировано и в целом представлено ясно и подробно, как в диссертации, так и в автореферате. Содержание диссертации соответствует содержанию автореферата. Работа в целом выполнена на высоком научном уровне и удовлетворяет всем формальным критериям.

Представленная работа отвечает требованиям п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. №842 в отношении кандидатских диссертаций, а ее автор, Кандиева Каныкей Кубанычевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических по специальности 25.00.30 – Метеорология, климатология, агрометеорология.

Официальный оппонент:

кандидат физико-математических наук (25.00.29 Физика атмосферы и гидросферы), старший научный сотрудник Института вычислительной математики им. Г.И. Марчука Российской академии наук (ИВМ РАН),

Адрес организации: 119333, Москва, ул. Губкина, дом 8, к. 607

Телефон: 8(495) 984-81-20#3917,

email: [kulyamind@mail.ru](mailto:kulyamind@mail.ru)

27 марта 2019 г.

Кулямин Дмитрий Вячеславович

Подпись Кулямина Дмитрия Вячеславовича удостоверяю  
Ученый секретарь ИВМ РАН,  
доктор физико-математических наук, профессор



/ В.П. Шутяев /

03.04.2019г.