

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА
на диссертационную работу СОБАЕВОЙ Дарьи Антоновны
**«Влияние крупномасштабных аномалий температуры поверхности Тихого океана
на динамику стратосферно-тропосферного взаимодействия в
Северном полушарии в модельных экспериментах»,**
представленную на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук
по специальности 1.6.18 — Науки об атмосфере и климате

Диссертационная работа Собаевой Д.А. посвящена изучению физических механизмов отклика стратосферно-тропосферного взаимодействия на крупномасштабные аномалии температуры поверхности Тихого океана в экваториальной зоне.

В настоящее время большое внимание уделяется изучению явлений, которые могут выступать в качестве предикторов при составлении долгосрочных прогнозов на масштабах от 10 дней до месяцев. Прогностическим потенциалом на данных временных масштабах обладает стратосферный полярный вихрь (СПВ) в зимний период в Северном полушарии. Экстремальные состояния СПВ, такие как аномально сильный, ослабленный или разрушенный вихрь способны генерировать аномалии циркуляции, распространяющиеся в нижележащие слои атмосферы и сохраняющиеся там до нескольких месяцев, приводя к значительным аномалиям погодных режимов. С другой стороны, изменчивость СПВ зависит от динамики квазистационарных планетарных волн, формирующихся в тропосфере и распространяющихся вверх. Квазистационарные волны, в свою очередь, зависят от крупномасштабных мод изменчивости климатической системы, таких как Эль-Ниньо Южное Колебание или Тихоокеанское декадное колебание. Таким образом, стратосферно-тропосферное взаимодействие обладает значительной изменчивостью, обусловленной влиянием процессов различных временных масштабов, формирующихся как в тропосфере, так и в стратосфере. Так как оно вносит значительный вклад в формирование погодных и климатических аномалий, изучение его физических механизмов является ключом к развитию долгосрочного прогнозирования, что определяет актуальность и научную значимость поставленных в работе задач.

Новизна выносимых на защиту научных положений подтверждается публикациями автора по теме диссертации в рецензируемых журналах, цитируемых в РИНЦ, SCOPUS и Web of Science. К наиболее важным и оригинальным результатам работы можно отнести следующие:

- определение различий в отклике тропосферно-стратосферного взаимодействия на события Эль-Ниньо, локализованные в разных регионах Тихого океана;
- предложенный физический механизм, объясняющий эти различия;
- выявление модулирующего влияния Тихоокеанской декадной изменчивости на стратосферный отклик на события Эль-Ниньо.

Данные результаты могут иметь практическое применение. Полученные в работе количественные оценки представляют ценность для субсезонного прогноза в Северном полушарии в зимний период, так как позволяют уточнить механизмы изменчивости стратосферного полярного вихря и формирования внезапных стратосферных потеплений, которые являются одним из ключевых источников предсказуемости тропосферной динамики на данном временном масштабе.

Достоверность результатов определяется использованием одной из наиболее развитых атмосферных моделей с динамическим ядром, разработанным в Лаборатории геофизической гидродинамики в Принстоне, США (Geophysical Fluid Dynamics Laboratory, GFDL), современных атмосферных реанализов, прошедших всестороннее тестирование, применением статистически обоснованных методов анализа с оценкой значимости полученных показателей,

физической согласованностью выводов с существующими теоретическими представлениями. Текст диссертации полностью написан автором за исключением случаев, где указаны цитируемые источники.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы. Общий объем диссертации составляет 153 страницы, включая 69 рисунков и 7 таблиц. Список литературы содержит 243 наименования.

Во **введении** обозначена актуальность темы исследования, поставлены цель и задачи, описаны новизна, практическая и теоретическая значимость работы, приведены основные положения диссертации, выносимые на защиту, личный вклад автора, апробация полученных результатов и публикации соискателя.

В **Главе 1** приведен обзор существующих представлений о стратосферно-тропосферном взаимодействии, механизмах его формирования и влияния на возникновение погодных и климатических аномалий. Дано подробное описание основных объектов исследования – стратосферного полярного вихря, явления Эль-Ниньо-Южное Колебания с учетом его дифференциации по типам, Тихоокеанской декадной осцилляции и квазидвухлетнего экваториального колебания. К безусловным достоинствам работы можно отнести подробное описание физических механизмов формирования изучаемых явлений, что является необходимой базой для понимания результатов, полученных в работе.

В **Главе 2** приводится обоснование использования платформы Isca для моделирования общей циркуляции атмосферы с параметризацией подсеточных процессов, в том числе обоснован выбор конфигурации модели. Также показано, что задача определения изолированного влияния локализации крупномасштабных аномалий температуры поверхности океана на динамику тропосферно-стратосферного взаимодействия может быть решена с использованием идеализированного моделирования. Дано подробное обоснование выбора метеорологических и океанологических реанализов, использованных в работе. Представлено описание проведенных идеализированных экспериментов, использованных граничных условий. Важными достоинствами данной главы является детальное описание методов и подходов, использованных в работе.

Глава 3 посвящена анализу влияния локализации крупномасштабных аномалий температуры поверхности в экваториальной зоне Тихого океана на стратосферно-тропосферное взаимодействие по результатам моделирования на платформе Isca. Важно отметить, что в начале проведена достаточно детальная валидация модели на основании сравнения с данными реанализа JRA-55, и сделан вывод о возможности ее использования для целей работы.

На основе анализа данных, полученных в ходе модельных экспериментов на платформе Isca определено, что отклик стратосферной динамики на крупномасштабные аномалии ТПО в экваториальной области Тихого океана выражается в значимом ослаблении стратосферного полярного вихря в условиях положительных аномалий ТПО, вместе с этим возрастает частота внезапных стратосферных потеплений. Также выявлен ряд механизмов, ответственных за различный отклик в зимней тропосфере и стратосфере Северного полушария на два типа явления Эль-Ниньо. А именно, показано, что известное усиление Северо-американского колебания в период Эль-Ниньо различается при каноническом и Модоки Эль-Ниньо вследствие различной структуры волны с зональным волновым числом 2. Выявлено, что более частое возникновение внезапных стратосферных потеплений (ВСП) в условиях Эль-Ниньо Модоки обусловлено более структурированным и интенсивным распространением волн Россби из тропиков в регион прекурсор ВСП и большей фокусировке волновой энергии в полярной зоне, при этом интегральный волновой поток в полярный регион перед ВСП

усиливается при обоих типах Эль-Ниньо. Отмечен различный волновой отклик на два типа Эль-Ниньо в тропосфере: в условиях увеличенных аномалий ТПО, соответствующих каноническому Эль-Ниньо, наблюдается формирование одной волновой структуры, распространяющейся с северо-запада на юго-восток над Тихим океаном, в случае Эль-Ниньо Модоки образуются две волновые структуры, зонально ориентированные вдоль 20° с. ш. и 50° с. ш.

В Главе 4 рассматривается совокупное влияние тропического сигнала (явление Эль-Ниньо) и внетропического (Тихоокеанское декадное колебание - ТДК) на интенсивность стратосферного полярного вихря. Показано, что совпадение канонического явления Эль-Ниньо и положительной фазы ТДК приводит к более значимому ослаблению стратосферного полярного вихря в период с декабря по апрель, чем в случае отрицательной фазы ТДК, что может вызывать более интенсивные аномалии в тропосфере и, как следствие, аномалии погоды.

В Заключении представлены основные выводы по выполненному исследованию.

В целом, диссертация Собаевой Д.А. является законченным научно-исследовательским трудом, выполненным автором самостоятельно на высоком научном уровне.

Несмотря на указанные достоинства работы, отмечу некоторые недостатки:

1. Научная новизна работы сформулирована неудачно. Не вызывает сомнений, что в работе получен ряд новых результатов, однако те положения, которые перечислены в разделе «Научная новизна» не являются новыми. Например, «Впервые показано различие во взаимодействии волн Россби, источником которых является зона глубокой конвекции в экваториальной зоне Тихого океана, с квазистационарными волнами умеренных широт при условиях канонического Эль-Ниньо и Эль-Ниньо Модоки». Данное взаимодействие уже анализировалось, например, в работах П.Варгина. Это же замечание можно отнести к исследованиям отклика стратосферного вихря и отклика в тропосфере на два типа Эль-Ниньо.
2. Вызывает вопросы постановка эксперимента, а именно искусственное увеличение аномалий ТПО в районе канонического и Модоки Эль-Ниньо (в последнем случае более, чем в 5 раз). С одной стороны, в тексте работы отмечается, что это обусловлено чувствительностью модели, которая при меньших аномалиях не воспроизводит никакого явного отклика на аномалии ТПО. Но с другой стороны, возникает вопрос о возможности реализации в природе тех откликов, которые получены на основании идеализированного моделирования. Если реальные аномалии меньше в два-пять раз, достаточно ли в этом случае выделяемого явного и скрытого тепла для возникновения описанного волнового отклика, будет ли он распространяться в удаленные районы вплоть до полярных, будет ли индуцировать волны, доходящие до стратосферы и нарушающие циркуляцию СПВ? Подобные эффекты были описаны ранее в других исследованиях, базирующихся на данных наблюдений и реанализов, но акцент в диссертации сделан на различия в отклике на два типа Эль-Ниньо и на некоторые новые обнаруженные механизмы отклика. Учитывая искусственно завышенные аномалии нет гарантий, что эти механизмы будут работать в реальности при наблюдаемых амплитудах аномалий. Автору следовало бы провести сравнение с данными наблюдений хотя бы для некоторых смоделированных откликов.
3. Несмотря на то, что соискатель в ряде случаев предлагает физическую интерпретацию полученных результатов, как, например, для объяснения большей частоты ВСП при Эль-Ниньо Модоки, во многих случаях интерпретация отсутствует. Так, в разделе 3.1. подробно

описываются различия в волнах с зональными волновыми числами 1 и 2, наблюдаемые при различной локализации и знаке аномалий ТПО в Тихом океане, а также различия в вертикальном потоке волновой активности Пламба, но при этом не обсуждается, как эти различия могут сказываться на тропосферных и стратосферных аномалиях. В разделе 3.2 анализируется пространственная структура квазистационарных планетарных волн 1 и 2 в средней тропосфере в разных численных экспериментах, но вывода, как различия в структуре волн скажутся на циркуляционном отклике нет. В главе 4 делается вывод об усилении отклика СПВ на совмещенные аномалии ТПО, связанные с Эль-Ниньо и ТДК, однако предположений о механизмах такого усиления не выдвигается.

4. Не совсем аргументировано, почему в качестве изменения фонового состояния Тихого океана рассматривается Тихоокеанская декадная осцилляция, которая охватывает только северную часть Тихого океана. Междекадная тихоокеанская осцилляция (Interdecadal tropical oscillation - IPO) отражает декадную изменчивость в масштабах всего Тихого океана и имеет значительную амплитуду именно в тропическом регионе. PDO представляет собой северную ветвь IPO. Для целей исследования было бы более корректно рассматривать именно эту осцилляцию.

5. Очень затрудняет восприятие результатов отсутствие выводов в конце каждой главы.

Также есть ряд более мелких замечаний

Стр. 18. Хотя определение явления Эль-Ниньо модифицировалось с годами, но, тем не менее, оно никогда не рассматривалось как течение в океане, как указано в тексте.

Стр. 25 Очевидно это опечатка, но квазидвухлетняя цикличность наблюдается в стратосфере, а не тропосфере

Стр. 27. Адвекция теплой воды (адвективная обратная связь) не является главным механизмом роста аномалий ТПО при развитии Эль-Ниньо.

Стр. 79. Абсолютно непонятная фраза: «Амплитуды аномалий в модели меньше наблюдаемых в годы Эль-Ниньо, но больше наблюдаемых по данным реанализа».

Рис. 3.19. Явных различий в волнах 1 и 2 не прослеживается. Структура волны 1 проявляется только в ЭОФ1 для условий Ла-Нинья.

Раздел 3.1. Непонятно, почему анализ результатов КЭН, ЭНМ и ЛН появляется в этом разделе, который посвящен валидации модели. Это уже эксперименты на чувствительность к граничным условиям, а не валидация.

Стр. 93. Откуда видно «распространение волны»? На рисунке представлены данные для конкретного момента времени, поэтому распространение видно быть не может.

Рис. 3.26. Различия между экспериментами КЭН и ЭНМ не прослеживаются.

В целом, указанные замечания не снижают положительного впечатления о работе, они не влияют на главные выводы и практические результаты диссертации, описанные выше.

Результаты диссертационной работы обладают научной новизной и практически значимы, демонстрируют вклад автора в изучение стратосферно-тропосферного

взаимодействия. Выполненная работа характеризует соискателя как сложившегося исследователя, умеющего самостоятельно ставить и решать научные задачи.

Автореферат отражает основное содержание диссертации, содержит обоснованные выводы и рекомендации, отвечает требованиям ВАК РФ.

Подводя общий итог, необходимо заключить, что новые научные результаты, полученные диссертантом, имеют существенное значение для российской науки для решения вопросов долгосрочного прогнозирования погоды, а сама диссертация является законченной научно-квалификационной работой, отвечающей паспорту специальности 1.6.18 — Науки об атмосфере и климате, что соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук.

Работа «Влияние крупномасштабных аномалий температуры поверхности Тихого океана на динамику стратосферно-тропосферного взаимодействия в Северном полушарии в модельных экспериментах» отвечает требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, **Собаева Дарья Антоновна**, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.6.18 — Науки об атмосфере и климате.

Я, **Гущина Дарья Юрьевна**, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Официальный оппонент

Гущина Дарья Юрьевна

Доктор географических наук, доцент

Научная специальность 25.00.30 Метеорология, климатология, агрометеорология

(1.6.18. – Науки об атмосфере и климате)

Профессор кафедры метеорологии и климатологии географического факультета

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова»

 Д.Ю. Гущина
01.12.2025

Адрес места работы:

119991, Россия, г. Москва, ГСП-1, Ленинские горы,

1, Московский государственный университет им.

М.В. Ломоносова, Географический факультет

Моб. тел.: +7(903)121-59-22

E-mail: dasha155@mail.ru

Подпись официального оппонента заверяю

Начальник отдела кадров географического
Факультета МГУ имени М.В.Ломоносова



 Степаненко Л.А.