

УТВЕРЖДАЮ

и.о. директора ФГБУ «ЦАО»

16 августа 2022

А.С. Рязанкин

ОТЗЫВ

ведущей организации

федерального государственного бюджетного учреждения

Центральная Аэрологическая обсерватория

на диссертационную работу

Диденко Ксении Андреевны

«Нелинейные взаимодействия стационарных планетарных волн в средней атмосфере»,

представленную на соискание ученой степени

кандидата физико-математических наук

по специальности 25.00.29 "Физика атмосферы и гидросферы"

1. Актуальность научной работы заключается в том, несмотря на многочисленные исследования механизмы межгодовой и внутрисезонной изменчивости циркуляции полярной стратосферы и главного её элемента – внезапных стратосферных потеплений (ВСП) по-прежнему не совсем понятны, из-за чего отсутствует возможность заблаговременного прогнозирования изменений стратосферной динамики и её влияния на тропосферу и верхнюю атмосферу, а также состояние озонового слоя. Важнейшими динамическими процессами, определяющие эту изменчивость и рассматриваемыми в диссертации, является взаимодействие распространяющихся из тропосферы в стратосферу планетарных волн с зональной циркуляцией и взаимодействие волн между собой.

В этой связи диссертационная работа К.А.Диденко, безусловно, является актуальной.

2. Состав и содержание диссертации

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка используемых сокращений и списка использованной литературы из 107 наименований. Объем работы составляет 107 страниц, включая 40 рисунков.

Во введении обоснована актуальность исследования нелинейных взаимодействий стационарных планетарных волн в средней атмосфере, сформулирована цель и задачи

работы, описана научная новизна и практическая значимость результатов работы, описаны методы исследования. Определены выносимые на защиту положения, описана структура диссертации.

В первой главе рассматривается текущее состояние знаний о волнах в атмосфере, динамических процессах в зимней стратосфере, включая внезапные стратосферные потепления, завихренности и различных её типах, таких как квазигеострофическая потенциальная завихренность и потенциальный вихрь Эртеля, а также о возмущенной потенциальной энтропии.

Представлено описание используемых модели средней и верхней атмосферы (МСВА), разработанной в РГГМУ, и данных современных реанализов. Показан вывод уравнения завихренности, определены понятия абсолютной, относительной, планетарной и потенциальной завихренности. Описаны два типа потенциальной завихренности, используемые в данной работе – квазигеострофическая потенциальная завихренность и потенциальный вихрь Эртеля.

Во второй главе представлен метод исследования нелинейных волновых взаимодействий в атмосфере, состоящий в отказе от квазигеострофического приближения при изучении вкладов в уравнение баланса возмущенной потенциальной энтропии. Показано, что наибольшие различия при анализе взаимодействий по типу волна-волна и волна - среднезональный поток при использовании квазигеострофического приближения и в случае отказа от него наблюдаются в средней стратосфере. Продемонстрирован вклад вертикальной скорости в слагаемые, отвечающие за нелинейные взаимодействия между планетарными волнами, а также между волнами и среднезональной циркуляцией.

В третьей главе представлены результаты анализа вкладов процессов в уравнение возмущенной потенциальной энтропии на разных стратосферных уровнях с использованием данных реанализа ERA-5 и UKMO для периода с 21 декабря 2012 г. по 20 января 2013 г., а также для исследования нелинейных взаимодействий во время ВСП с расщеплением стратосферного полярного вихря расчет проводился для января 2009 г., а со смещением для периода с 6 декабря 2018 г. по 5 января 2019 г.

Представлены широтно-высотные распределения слагаемых, отвечающих за изменение волновой активности, взаимодействия по типу волна-волна и волна-средний поток, дивергенцию и адвекцию, рассчитанные по данным реанализа UKMO.

В заключении приводятся основные результаты работы.

3. Достоверность результатов исследования

Достоверность результатов работы подтверждается 4 публикациями в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации, а также 3 в журналах, входящих в базы данных SCOPUS, Web of Science и успешным представлением результатов на научных конференциях, симпозиумах и молодежных школах с международным участием.

4. Научная новизна полученных результатов

Получено новое уравнение баланса возмущенной потенциальной энтропии с учетом слагаемых, отвечающих кроме взаимодействия планетарных волн со среднезональным потоком, но и за нелинейные взаимодействия между волнами. Впервые показано различие в результатах расчета с использованием квазигеострофического приближения и в случае отказа от него, с использованием потенциального вихря (завихренности) Эртеля.

Результаты исследования получены с использованием численных расчетов хорошо известной глобальной модели средней и верхней атмосферы (МСВА), разработанной в РГГМУ проф. А.И. Погорельцевым и успешно использовавшейся в многочисленных исследованиях, а также современных баз данных реанализа с высоким вертикальным разрешением в стратосфере ERA5 и стратосфере-мезосфере UKMO.

5. Личный вклад автора

Все выносимые на защиту положения основаны на результатах, полученных автором самостоятельно. К.А.Диденко принадлежит ведущая роль в определении цели и задач исследования, подготовке и проведении численных экспериментов, анализе полученных результатов. Результаты работы представлены в научных публикациях, подготовленных при непосредственном участии автора. Результаты работы К.А.Диденко представляла на конференциях и симпозиумах.

6. Значимость полученных в диссертации результатов

Полученные в работе результаты могут быть использованы для:

- развития методов прогнозирования формирования ВСП и влияния связанных с ними изменений стратосферного полярного вихря на состояние озонового слоя, тропосферу и погодные условия;
- совершенствования наших знаний о взаимодействии распространяющихся в стратосферу планетарных волн, их взаимодействии со среднезональной циркуляцией и между собой,

- валидации моделей циркуляции средней атмосферы, в том числе используемых при прогнозировании погоды и при проведении расчетов будущего климата.

7. Рекомендации по использованию результатов работы

Результаты работы могут быть использованы при исследовании с помощью численного моделирования ожидаемых изменений климата в течение XXI века с учетом различных сценариев роста концентраций парниковых газов и уменьшения озоноразрушающих соединений и влияния этих изменений на динамические и химические процессы атмосферы, эволюцию озонового слоя и других малых газовых составляющих.

8. Недостатки диссертационной работы

8.1. Как в диссертации, так и в автореферате желательно было бы отметить большую изменчивость ВСП в Арктике как по продолжительности (от нескольких дней, до 2-3 недель), так и по влиянию на циркуляцию верхней атмосферы, стратосферы и тропосферы. Кроме рассматриваемых в работе ВСП с разделением и смещением стратосферного полярного вихря могут наблюдаться события, со сложной вертикальной и пространственной структурой, которые относятся к смешанному типу, так как имеют характеристики как смещения, так и расщепления, например, ВСП в январе 2021 г. (*Wright C., et al., Dynamical and Surface Impacts of the January 2021 Sudden Stratospheric Warming in Novel Aeolus Wind Observations, MLS and ERA5. Weather and Climate Dynamics, 2021*).

8.2 Важно было бы отметить, что в последние годы идет активное обсуждение необходимости совершенствования определения ВМО главных ВСП, так как некоторые ВСП, хотя и не приводят к обращению зональной циркуляции в средней стратосфере (на 10 гПа и 60° с.ш.), могут оказывать значительное влияние на циркуляцию стратосферы, состояние озонового слоя. Например, минорное ВСП в начале января 2015 г. (*Manney G., et al., A minor sudden stratospheric warming with a major impact: Transport and polar processing in the 2014/2015 Arctic winter. Geophys. Res. Lett. 2015*).

8.3 По нашему мнению лучше использовать термин «завихренность» вместо «вихрь» Эртеля, "главное" ВСП вместо "сильное / мажорное", "динамические процессы" вместо "атмосферные движения", "среднезональная циркуляция / поток" вместо "средний поток".

8.4 Имеются и ряд других замечаний редакционного характера к тексту диссертационной работы и автореферата.

Однако указанные выше замечания не снижают общей ценности диссертационной работы.

9. Заключение

Диссертационная работа К.А. Диденко является самостоятельным законченным научным исследованием, её результаты обладают высокой практической значимостью и новизной.

По теме диссертации опубликовано 15 научных работ, в том числе 4 публикации в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации, 3 в журналах, входящих в базы данных SCOPUS, Web of Science.

Диссертация К.А. Диденко выполнена на хорошем научном уровне, соответствует паспорту специальности 25.00.29 и отвечает требованиям п.9 "Положения о порядке присуждения ученых степеней", утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а её автор безусловно заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.29 "Физика атмосферы и гидросферы".

Доклад по диссертационной работе К.А. Диденко заслушан на объединенном семинаре Отдела физики высоких слоев атмосферы и Отдела исследования состава атмосферы ФГБУ "ЦАО", состоявшимся 4 августа 2022 г.

Отзыв составил

Заведующий отделом физики высоких слоев атмосферы ФГБУ «ЦАО»,
ведущий научный сотрудник, кандидат физ.-мат. наук

16 августа 2022 г.

 / В.А. Юшков

Адрес: 141701, г. Долгопрудный, Московской области, ул. Первомайская, д. 3
тел.: +7 (495) 408-61-48, e-mail: v_yushkov@mail.ru

Я, Юшков Владимир Александрович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

16 августа 2022 г.


 / В.А. Юшков

Подпись В. А. Юшкова заверяю

Ученый секретарь ФГБУ «ЦАО» кандидат географических наук

16 августа 2022 г.



 / Н.А. Безрукова

тел.: +7 (495) 408-61-48, e-mail: bezrukova@ead-phms.ru