

ОТЗЫВ

официального оппонента 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

Диссертационная работа К.А.Диденко посвящена анализу взаимодействия различных волновых составляющих крупномасштабной волновой динамики средней атмосферы, в том числе во время зимних событий, кардинально перестраивающих эту динамику, а именно внезапных стратосферных потеплений.

Актуальность работы неоспорима. Особенно она очевидна как раз для внезапных стратосферных потеплений. В это время меняются скорость среднего течения и меридиональные градиенты температуры, амплитуды и фазы основных крупномасштабных волн, кроме того, все эти характеристики меняются по высоте, и для того, чтобы научиться адекватно моделировать внезапные стратосферные потепления и приблизиться к их предсказанию, анализ типа проведенного в обсуждаемой диссертации, является необходимым и важным этапом.

Структура и содержание работы. Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка сокращений и списка литературы. Объем диссертации составляет 107 страниц, включая 40 рисунков. Список литературы содержит 107 наименований.

В первой главе дается теоретическое введение, которое показывает круг изучаемых вопросов, основные используемые уравнения и физические величины. Она дает представление о планетарных волнах, динамике зимней стратосферы, стратосферном полярном вихре, внезапных стратосферных потеплениях, вводит необходимые физические величины и основные используемые уравнения. Здесь же описываются используемая численная модель МСВА и данные применяемых реанализов ERA-5 и UK Met Office.

Во второй главе представлен новый метод исследования нелинейных

взаимодействий стационарных планетарных волн, базирующийся на анализе уравнения баланса возмущенной потенциальной энтропии. Это уравнение, которое, по-видимому, на более строгом языке нужно назвать уравнением эволюции возмущенной потенциальной энтропии, выводится из уравнения эволюции потенциального вихря и оказывается весьма удобным для отслеживания нелинейных взаимодействий стационарных планетарных волн. Описанный в диссертации метод позволяет оценить вклад нелинейных взаимодействий волн со средним потоком, волн между собой, адвекции и дивергенции потока потенциальной энтропии в изменение потенциальной энтропии. Расчеты поведения тех или иных компонентов уравнения проведены с помощью численной модели МСВА. Исследована возможность упрощений, связанных с квазигеострофическим приближением и показано, что в некоторых случаях это приводит к заметным искажениям результатов.

Третья глава посвящена применению метода, описанного во второй главе, к анализу нелинейного взаимодействия планетарных волн во время реальных внезапных стратосферных потеплений по данным двух реанализов ERA-5 и UK Met Office в диапазоне высот 40-50 км. Выполнено комплексное исследование поведения различных компонентов уравнения эволюции потенциальной энтропии, вызванных нелинейными взаимодействиями стационарных планетарных волн, для трех внезапных стратосферных потеплений во время трех зим. Изученные стратосферные потепления относились к разным морфологическим типам: со смещением полярного стратосферного вихря и с расщеплением вихря.

В заключительном разделе приведены основные результаты и выводы диссертации, хорошо обоснованные в предыдущих главах. К ним можно дописать еще один очень важный вывод: в отдельных компонентах уравнения эволюции потенциальной энтропии наблюдаются явно выраженные предвестники готовящегося внезапного стратосферного потепления примерно за неделю до его наступления. Именно это дает надежды на заблаговременный прогноз внезапных стратосферных потеплений в будущем.

По-видимому, главными результатами диссертации нужно считать именно это, а также саму разработанную методику анализа компонент уравнения эволюции

потенциальной энтропии для разнообразных задач динамики средней атмосферы. Оба эти достижения являются новыми в отечественной и мировой науке.

Научная и практическая ценность работы.

Настоящая диссертация предлагает весьма удобный подход к анализу роли нелинейных взаимодействий крупномасштабных волн в атмосфере Земли и их взаимодействию со средним течением, основанный на уравнении эволюции потенциальной энтропии. Это – шаг вперед по сравнению с традиционным подходом, основанным на обобщенном уравнении Элиассена – Палма, при котором учитывалось взаимодействие между волной и средним течением, но не учитывалось взаимодействие волна- волна. В рамках того же подхода удалось учесть также роль адвекции потенциальной энтропии и дивергенции ее потока. Разработанные алгоритмы и программы, подготовленные для этой работы, могут найти применение в разнообразных задачах исследования крупномасштабной динамики средней атмосферы.

О ценности проведенного в диссертации исследования ранних стадий внезапных стратосферных потеплений уже было написано выше. Обнаружение предвестников за приблизительно недельный срок открывает новые возможности по линии прогнозирования этого явления. Разработанная методика изучения нелинейных взаимодействий волновых движений, вероятно, может быть успешно применена не только для изучения стационарных планетарных волн, но и для бегущих планетарных волн и солнечных атмосферных приливов.

Положений, выносимых на защиту- три, и они хорошо обоснованы.

1. Разработана и доведена до работающих программ новая методика анализа нелинейных взаимодействий волн, основанная на уравнении эволюции потенциальной энтропии, не использующая квазигеострофического приближения и учитывающая вертикальный ветер.
2. Показано, что новая методика анализа дает новые возможности диагностики различных взаимодействий, влияющих на крупномасштабную динамику атмосферы и ее развитие во времени. Новая методика позволяет отслеживать вклады в эволюцию потенциальной энтропии одновременно взаимодействий

волна-среднее течение, волна-волна, адвективной составляющей и дивергенции потока энстрофии.

3. С помощью новой методики изучена детальная эволюция трех внезапных стратосферных потеплений по данным двух различных реанализов для высот 40 и 50 км. Найдены предвестники в составляющих баланса потенциальной энстрофии за 7-10 дней до внезапного стратосферного потепления.

Полученные результаты вызывают доверие, основанное на фундаменте хорошо выверенных уравнений, использовании многократно проверенной численной модели MCSA, международно признанных реанализов ERA-5 и UK Met Office, стандартных статистических методов обработки. Основные результаты опубликованы в рецензируемых журналах.

По тексту диссертации есть некоторые замечания:

- Хотя реально в диссертации рассматривается изменение потенциальной энстрофии и его составляющие, некоторые промежуточные выводы, полученные с их помощью, сформулированы для волновой активности. По-видимому, ссылка на фразу о том, что потенциальная энстрофия является эвристической мерой волновой активности, не дает достаточных оснований для этого.
- В первом пункте основных выводов диссертации упоминается дивергенция потенциальной энстрофии, тогда как имеется в виду, должно быть, дивергенция ее потока.
- На с. 31 приводится определение безразмерной барической высоты, тогда как на некоторых рисунках приводится изобарическая высота в километрах.
- Использование в одном уравнении (1.4.3) радиуса Земли a и имеющего совсем другой смысл обозначения a^3 вряд ли оправдано и как минимум требует пояснений.
- По тексту встречаются неудачные обороты и опечатки. На с. 16 сказано «отклонятся на восток (т.е. в западном направлении)». На с. 29 приведено непонятное выражение $O(3)$ - очевидно, опечатка.

Перечисленные замечания относятся к изложению материала диссертации и не затрагивают суть проделанной работы. Полученные в диссертации результаты не вызывают сомнений.

Автореферат полностью соответствует структуре и отражает содержание диссертации, выводы и положения, выносимые на защиту.

В итоге рассмотрения диссертации Диденко К.А. можно сделать вывод, что она является законченной научно-квалификационной работой, демонстрирующей важные новые результаты, касающиеся волновых процессов, протекающих в средней атмосфере. Работа соответствует всем критериям, установленным п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней № 842 от 24.09.2013 г., а ее автор Диденко К.А. заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.29 -физика атмосферы и гидросферы.

Перцев Николай Николаевич,
доктор физико-математических наук (специальность 25.00.29 — физика атмосферы и гидросферы), ведущий научный сотрудник Лаборатории физики верхней атмосферы Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики атмосферы им. А. М. Обухова Российской академии наук.

Адрес: 119017, г. Москва, Пыжевский пер. 3.

Тел.: +7(495) 951-04-80, e-mail: n.pertsev@bk.ru.

Я, Перцев Николай Николаевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Официальный оппонент,
вед. науч. сотр. ИФА РАН, г. Москва, д.ф.-м.-н.



Перцев Н.Н.

“08” сентября 2022 г

Подпись вед. научного сотрудника Н.Н.Перцева заверяю.

Ученый секретарь Института физики атмосферы
им. А.М.Обухова РАН к.г.н.



Д.Д.Краснокутская