

Отзыв оппонента на диссертационную работу

Зюляевой Юлии Анатольевны

"Стратосферно-тропосферное взаимодействие в различные фазы тихоокеанского десятилетнего колебания",

представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.29 — физика атмосферы и гидросферы

Диссертационная работа Ю.А. Зюляевой посвящена исследованию динамического взаимодействия стратосферы и тропосферы в средних и высоких широтах Северного полушария в зимний сезон и влияния на эту изменчивость Тихоокеанского десятилетнего (декадного) колебания.

Тема исследования является актуальной для специалистов в области физики средней атмосферы, прогнозирования погоды и моделирования климата поскольку, несмотря на пристальное внимание к этой теме и достигнутые за последние 20 лет результаты, полученные с использованием анализа данных наблюдений и моделирования, много вопросов о механизмах такого взаимодействия и его влияния на погодные условия и параметры климата остаются открытыми. Практическое значение таких исследований не вызывает сомнений, так как от их успеха зависит дальнейшее совершенствование сезонных прогнозов погоды.

Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения, содержит 44 рисунка и 3 таблицы. Текст изложен на 125 страницах.

Во введении обоснована актуальность темы, научная новизна и практическая значимость работы. Обозначены цели и задачи исследования, указаны методы решения поставленных задач, сформулированы положения, выносимые на защиту.

Указано, что автором по теме диссертации опубликовано 11 работ, из них 6 работ в рецензируемых российских и зарубежных изданиях, рекомендованных ВАК.

В первой главе представлен обзор современного состояния исследований в области стратосферно-тропосферного динамического взаимодействия, рассказывается об использовании диагностики распространения волновой активности с помощью расчета трехмерных векторов Пламба, а также об основном факторе, определяющим изменчивость температуры поверхности в умеренных широтах Северного полушария - Тихоокеанском десятилетнем колебании.

Во второй главе дается обоснование использования в работе данных реанализа JRA-55, представлены результаты анализа долгопериодной изменчивости стратосферного полярного вихря в Арктике и изменчивости Тихоокеанского десятилетнего колебания, описана методика расчета интенсивности стратосферного полярного вихря, получены оценки его долговременной изменчивости по двум параметрам: зональной скорости ветра на 60° с.ш. и 10 гПа и скорость ветра, осредненная вдоль края вихря.

В третьей главе представлены результаты исследования механизмов формирования состояния стратосферы ("предсостояния"), предшествующего периодам экстремально сильного/слабого стратосферного полярного вихря в различные фазы Тихоокеанского десятилетнего колебания, полученные при использовании диагностики распространения планетарных волн, предложенной Пламбом.

В четвертой главе рассказывается о результатах исследования долгопериодной изменчивости стратосферного полярного вихря и её влияния на динамику тропосферы. Представлено описание алгоритма кластеризации состояний стратосферного полярного вихря с использованием методов машинного обучения. Обсуждаются результаты влияния на тропосферную динамику смещения стратосферного полярного вихря к Евразии.

В заключении подведены итоги диссертационной работы, сформулированы основные выводы и результаты.

К диссертационной работе Ю.А.Зюляевой имеется ряд замечаний:

1. В автореферате в разделе "Актуальность исследования" говорится, что влияние стратосферы на циркуляцию тропосферы осуществляется через изменение высоты тропопаузы и смещение шторм-треков. Это, безусловно, правильно, но кроме этого есть и другие механизмы:
 - Отражение планетарных волн из верхней в нижнюю стратосферу и в тропосферу (например, Perlwitz, Harnik. Observational evidence of a stratospheric influence on the troposphere by planetary wave reflection. *J. Climate*, 2003). В результате такого отражения в тропосфере в отдельных регионах могут изменяться синоптические волны, что в свою очередь может привести к похолоданию ("волнам холода"), как например, на востоке Канады в марте 2007 г. (Kodera et al., Tropospheric impact of reflected planetary waves from the stratosphere. *Geophys. Res. Lett.*, 2008) или в Центральной Евразии в январе 2013 г. (Nath, Pogoreltsev et al. Dynamics of 2013 Sudden Stratospheric Warming event and its impact on cold weather over Eurasia: Role of planetary wave reflection. *Scientific Reports*, 2016).
 - Замедление циркуляции стратосферы из-за распространения волновой активности влияет на зональную циркуляцию тропосферы ("downward control"): (Haynes et al., On the "downward control" of extratropical diabatic circulations by eddy-induced mean zonal forces. *J. Atmos. Sci.*, 1991).
 - Значительные отрицательные аномалии озонового слоя в стратосфере Арктики также могут влиять на параметры тропосферы (например, Calvo et al., On the surface impact of Arctic stratospheric ozone extremes. *Environ. Res. Lett.*, 2015). В Антарктике влияние аномалий озонового слоя выявлено и на параметры климата субтропиков в 1980-1990-х гг. (Thompson et al., Signatures of the Antarctic ozone hole in Southern Hemisphere surface climate change. *Nature Geoscience*, 2011; Bandoro et al., Influences of the Antarctic Ozone Hole on Southern Hemispheric Summer Climate Change. *J. Climate*, 2014).

2. В работе говорится, что "Основную роль в формировании планетарных волн играют крупномасштабные термические неоднородности подстилающей поверхности, т.е., главным образом, аномалии температуры поверхности океана (ТПО)". Это верно, но для формирования планетарных волн важны неоднородности орографии и распределения температуры поверхности средних-высоких широт, т.е. кроме аномалий ТПО важны и особенности температурного режима суши, который может меняться, например, из-за различий в росте снежного покрова в Северо-Восточной Евразии (Cohen et al., Linking Siberian Snow Cover to Precursors of Stratospheric Variability, *J. Climate*, 2014).

3. В автореферате в описании 2-й главы говорится: "Основным фактором формирования сезонных аномалий интенсивности СПВ являются внезапные стратосферные потепления (ВСП)". Это правильно, но кроме этого другим не менее важным фактором являются периоды усиления стратосферного полярного вихря, связанные прежде всего с уменьшением распространения волновой активности из тропосферы (например, как это было со 2-й недели февраля до середины марта 2020 г.). Можно было добавить о возможном значительном различии этих изменений стратосферного полярного вихря по высоте как при ВСП, когда оно иногда не распространяется в нижнюю стратосферу, так и о периодах усиления этого вихря, когда оно не охватывает нижнюю стратосферу как, например, зимой 2018-19 г. (Варгин и др., Динамические процессы в стратосфере Арктики в зимний сезон 2018-19 г., *Метеорология и гидрология*, 2020).

4. Неудачным является использования сокращения «ДЯФ» вместо «декабрь-февраль» на рис.2, в автореферате оно не расшифровывается.

5. В описании результатов 4-й главы говорится, что стратосферный полярный вихрь все чаще наблюдается в смещенном в сторону Евразии состоянии. Здесь хорошо было бы добавить ссылку, что аналогичный результат получен недавно в работе Zhang et al. "The Influence of Zonally Asymmetric Stratospheric Ozone Changes on the Arctic Polar Vortex Shift" *J. Climate* 2020 для февраля с наибольшим эффектом в период 1980-1999 гг.

6. Говоря о результатах исследования влияния изменений динамики стратосферы Арктики на циркуляцию тропосферы, полученных в 4-й главе, можно добавить, что состояние последней тоже может иметь важное значение: Domeisen et al. "The role of North Atlantic–European weather regimes in the surface impact of sudden stratospheric warming events". *Weather Clim. Dynam.*, 2020.

Необходимо отметить, что эти замечания не влияют на общее положительное впечатление от диссертационной работы и не снижают ее высокой оценки.

Достоверность и значимость полученных результатов Ю.А.Зюляевой сомнений не вызывает.

Диссертационная работа посвящена решению актуальной задачи, имеет большую научную ценность, выполнена на высоком научном уровне. К достоинствам работы, безусловно, можно отнести значительный объем, отражающий многолетнюю успешную работу, качество выполненного исследования и четкость в изложении материала.

Автореферат правильно отражает содержание диссертации.

Диссертация соответствует требованиям пункта 9 "Положения о присуждении ученых степеней", утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г.

Автор диссертации Юлия Анатольевна Зюляева безусловно заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.29 — физика атмосферы и гидросферы.

Официальный оппонент:

Павел Николаевич Варгин

к.ф.-м.н., старший научный сотрудник

ФГБУ "Центральная аэрологическая обсерватория"

11 ноября 2020 г.

 / П.Н.Варгин/

Рабочий адрес: ЦАО, ул. Первомайская д.3, г.Долгопрудный 141700, Московская область

Рабочий телефон: 8 (495) 408-77-61

E-mail: p_vargin@mail.ru

Я, Варгин Павел Николаевич, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

11 ноября 2020 г.

 / П.Н.Варгин /

Подпись Варгина Павла Николаевича заверяю:

Заместитель директора ФГБУ "ЦАО"

к.ф.-м.н. А.С. Вязанкин

11 ноября 2020 г.

 / А.С. Вязанкин /

