

Отзыв

члена диссертационного совета на диссертацию Коваля Андрея Владиславовича «Взаимодействия гидродинамических волн в средней и верхней атмосфере и их влияние на общую циркуляцию», представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 25.00.29 – «Физика атмосферы и гидросферы».

Представленная на рассмотрение диссертация, выполненная Ковалем А.В., является законченным научным исследованием, посвященным теоретическому изучению одной из важнейших проблем современной физики атмосферы – исследованию нелинейных взаимодействий волн различных пространственно-временных масштабов и оценке их влияния на термодинамический режим средней и верхней атмосферы нашей планеты.

Актуальность диссертационных исследований обусловлена, с одной стороны, недостаточной изученностью волновых механизмов динамических взаимодействий различных слоев атмосферы и их влияния на погодно-климатические процессы, а, с другой стороны, практическими потребностями геофизического обеспечения функционирования летательных аппаратов в высоких слоях атмосферы и околоземном космическом пространстве.

Отметим сразу, что многолетние исследования Коваля А.В. я расцениваю как новое крупное достижение в области физики средней и верхней атмосферы. Автором, прежде всего, разработана достаточно оригинальная схема параметризации динамических и тепловых воздействий мезомасштабных орографических гравитационных волн (ОГВ), генерируемых в результате обтекания горных рельефов атмосферными потоками, которые затем распространяются в среднюю и верхнюю атмосферу. Данная схема вошла в качестве одного из ключевых компонентов в численную модель средней и верхней атмосферы (МСВА), используемой в дальнейшем для изучения нелинейных межмодовых взаимодействий планетарных волн (ПВ) и оценки их влияния на общую циркуляцию атмосферы на высотах от земной поверхности до термосферы при различных динамических и внешних воздействиях.

Для получения достоверных оценок влияния различных внешних воздействий на волновые процессы в средней и верхней атмосфере необходимо многократное численное моделирование и затем использование статистических подходов для анализа результатов численных экспериментов. Одним из интересных и важных достижений соискателя явилась разработка методики осреднения результатов серий модельных расчетов в узлах

пространственно-временной сетки, включая оценку статистической значимости результатов. Такой подход позволил оценить минимально необходимое число трудоемких в вычислительном отношении прогонов численной модели, необходимых для получения статистически достоверных результатов. Использование данного подхода позволило исследовать изменения параметров ОГВ, ПВ и общей циркуляции средней и верхней атмосферы в разных фазах таких динамических процессов, как внезапные стратосферные потепления (ВСП), квазидвухлетние колебания (КДК) в тропической стратосфере, а также при изменениях параметров термосферы, вызванных изменениями солнечной активности. На наш взгляд, отличительной особенностью результатов, полученных диссертантом, от близких по смыслу результатов численного моделирования, является их статистическая достоверность и соответствие имеющимся данным наблюдений.

Чрезвычайно интересным результатом диссертационных исследований является вывод о том, что изменения температуры и ветра в термосфере при изменениях солнечной активности могут изменять условия распространения и отражения ПВ на больших высотах и приводить к изменениям средней температуры и общей циркуляции атмосферы на высотах ниже 100 км, создаваемых этими отраженными ПВ. Подобного рода гипотезы ранее высказывались в научной литературе. Соискателю удалось получить статистически значимые результаты, подтверждающие действие этого механизма влияния солнечной активности на динамику атмосферы. Таким образом, на примере моделирования атмосферной циркуляции до высоты 300 км оценен волновой вклад термосферных изменений в динамику средней атмосферы, который не может быть учтен (а фактически только «подогнан») численными моделями, в том числе и химико-климатическими, с учетом их верхней границы.

В диссертации получены новые данные об эффективных механизмах динамических связей между различными атмосферными слоями, а также между тропической и внетропической областями, создаваемых распространяющимися ПВ. Так, в частности, было показано каким образом различные динамические воздействия (ОГВ, ВСП и КДК) модифицируют поля фонового ветра и температуры в отдельных областях атмосферы, в результате чего изменяются волноводные свойства атмосферы. В результате этого происходит изменение пространственно-временных структур ПВ, распространяющихся в другие атмосферные слои, где они взаимодействуют со средним потоком и способствуют распространению влияния указанных локальных динамических воздействий по всей атмосфере. Численное моделирование различных волновых процессов и их воздействия на атмосферную циркуляцию в контексте проведенных исследований полезно тем, что

дает возможность «изолировать» различные механизмы с целью детального изучения их воздействия на циркуляцию.

Научный уровень выполненных исследований весьма высок. При этом, однако, работа не лишена недостатков, которые не умаляют ее достоинств. Так, при анализе солнечной активности было бы полезно услышать умозаключения автора относительно того, почему область выше 100 км связана вниз со средней атмосферой. По-видимому, средняя зональная циркуляция изменяет условия распространения СПВ, модифицируя их амплитуды. Но что является причиной изменения средней зональной циркуляции? Участвуют ли гравитационные волны в этом процессе? Существует ли система меридиональной циркуляции, простирающаяся более чем на 100 км и модифицированная зависимой от солнечного цикла диссипацией ГВ на высотах более 100 км?

Отметим, что изменения амплитуд нелинейных волн за счет включения параметризации ОГВ в большей части распределений находятся за пределами выбранного уровня статистической значимости вопреки утверждению автора.

Существует некая неуверенность в том, что изображения линий тока на рис. 5.1 отражают реальное распределение ветра. Линии, по-видимому, должны быть расположены плотнее в областях усиления ветра.

При анализе изменений циркуляции во время ВСП выбран довольно грубый подход с осреднением по 11 суткам. Под осреднение в таком случае могут попадать некоторые интересные физические эффекты. К примеру, в результате этого не наблюдается обращение зонального ветра во время ВСП. Более информативно было бы выбрать более короткие промежутки времени и, вероятно, увеличить их количество.

Высказанные замечания не отражаются на высокой оценке выполненных исследований, опубликованных в 33 статьи, из которых 26 статей помещены в рецензируемых журналах, включая 24 статьи в журналах, индексируемых РИНЦ и 20 статей в журналах, индексируемых Web of Science и Scopus, в том числе в журналах 1-го и 2-го квартилей. Результаты, полученные соискателем, докладывались и получили одобрение на более чем 30-ти международных конференциях и симпозиумах, перечисленных во Введении диссертации. Важность исследований диссертации подтверждает то, что они были поддержаны грантами РФФИ, РНФ и Минобрнауки РФ.

ВЫВОД. Диссертация Коваля Андрея Владиславовича на тему «Взаимодействия гидродинамических волн в средней и верхней атмосфере и их влияние на общую циркуляцию» соответствует основным требованиям, установленным Приказом № 6821/1 от 01.09.2016 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», а соискатель Коваль А.В. заслуживает присуждения

ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 25.00.29 – «Физика атмосферы и гидросфера». Пункт 11 указанного Порядка не нарушен.

Член диссертационного совета

Доктор физико-математических наук, профессор

Заместитель генерального директора

Федерального государственного бюджетного учреждения «Главный центр информационных технологий и метеорологического обслуживания авиации» (ФГБУ «Авиаметтелеком Росгидромета»)

С. А. Солдатенко

2 сентября 2021 г.

Личную подпись Солдатенко Сергея Анатольевича заверяю.

Начальник отдела кадров ФГБУ «Авиаметтелеком Росгидромета»

Ельцова Е.В.

