

## 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».

**Диссертация А. В. Коваля посвящена** исследованиям с помощью современной модели общей циркуляции верхней атмосферы механизмов волновых взаимодействий в разных слоях атмосферы, и их влияния на глобальную атмосферную циркуляцию и энергетику. Именно численное моделирование является относительно простым (по сравнению с экспериментальным методом) и наиболее мощным инструментом, позволяющим изучать взаимодействие различных атмосферных процессов и их относительный вклад в формирование динамического и температурного режима атмосферы. Конечно, ценность результатов такого моделирования в значительной степени определяется качеством используемой численной модели, и используемых параметризацией различных атмосферных процессов, а также валидацией полученных данных на основе экспериментальной информации.

Если говорить более конкретно, то основная цель диссертации состоит в изучение крупномасштабных атмосферных колебаний и мезомасштабных возмущений орографического происхождения в средней и верхней атмосфере посредством численного моделирования. Анализ и интерпретация их взаимодействий и чувствительности их пространственно-временных структур к естественным внешним воздействиям, таким как квазидвухлетнее колебание низкоширотного зонального ветра, событие внезапного стратосферного потепления, циклические изменения солнечной активности. Второй важной целью диссертации является изучение реакции общей циркуляции атмосферы,

а также остаточной меридиональной циркуляции, на воздействие этих волновых структур на высотах от нижней стратосферы до термосферы.

Данное направление исследований является чрезвычайно актуальным в последние десятилетия в связи с необходимостью решения важнейших научных и прикладных проблем и задач. Здесь можно упомянуть такие проблемы как современные изменения климата нашей планеты, которые проявляются интенсивно в верхних слоях атмосферы Земли, проблемы земной озоносферы, влияние космической погоды на различные процессы и явления, проблемы радиосвязи и многое другое, о чем Коваль А.В. упоминает в своей диссертации. Актуальность исследований подтверждается также международной исследовательской активностью в рамках многих научных программ.

Диссертация Коваля А.В. состоит из введения, пяти разделов, заключения, списка использованных сокращений и списка литературы. В первой части работы дан подробный и критический анализ современного состояния изучения особенностей динамики и энергетики верхней атмосферы и указаны области, требующие дальнейших исследований и повышение их уровня.

Четко сформулированы актуальные направления исследований и решаемые задачи.

Научная новизна работы подтверждается получением ряда важных новых результатов. Упомянем из них важнейшие:

1. Разработка и включение в численную модель общей циркуляции атмосферы нового программного обеспечения, включающее параметризацию динамического и теплового воздействия орографических гравитационных волн на атмосферную циркуляцию.
2. •Разработка новых алгоритмов и пакетов программ для расчета волноводных характеристик атмосферы до высот термосферы и для оценки статистической значимости результатов серий модельных расчетов.

3. Новые данные об эффективных механизмах динамических связей между различными атмосферными слоями, а также между тропической и внетропической областями, создаваемых распространяющимися планетарными волнами.
4. Результаты анализ чувствительности общей циркуляции атмосферы и пространственно-временных структур планетарных волн до высот 300 км к изменениям атмосферных параметров в термосфере, вызванным вариациями уровня солнечной активности.
5. Получение статистически значимые результаты, подтверждающие механизм передачи возмущений термосферы, создаваемых изменяющейся солнечной активностью, в среднюю атмосферу, посредством модуляции распространяющихся и отраженных планетарных волн. Этот механизм способствует изменению структуры глобальной циркуляцией средней атмосферы.
6. Новый пакет программ для расчета остаточной меридиональной циркуляции до высот нижней термосферы и новые результаты анализа потоков консервативных атмосферных примесей в средней и верхней атмосфере,

**Практическая и научная значимость результатов** проведенных исследований обусловлена возможностью их применения в ряде областей физики атмосферы. Так, например, моделирование крупномасштабных колебаний скорости ветра, температуры, плотности, а также газового состава в верхних слоях атмосферы с учетом воздействия планетарных волн, распространяющихся из нижней атмосферы, необходимо для более точного описания и прогнозирования влияния так называемой «космической погоды», условий распространения радиоволн, амплитудных и фазовых флуктуаций радиосигналов, влияющих на точность спутниковых навигационных и коммуникационных систем.

К недостатком работы можно отнести относительно малый объем сравнений результатов нового моделирования с результатами

экспериментальных исследований различных параметров верхней атмосферы, особенно сравнений с собственными новыми результатами исследований.

Тем не менее, отмеченный недостаток не снижает высокий уровень проведенных исследований и важность полученных в диссертации результатов.

По результатам исследований опубликовано 33 статьи, большинство из которых в изданиях индексируемых Web of Science и Scopus, включая журналы 1-го и 2-го квартилей. Результаты докладывались на более чем 30-ти международных и российских конференциях и симпозиумах. Важность исследований диссертации подтверждает тем, что они были поддержаны грантами РФФИ, РНФ и Минобрнауки РФ.

Резюмируя, можно отметить, что диссертация Коваля А.В. посвящена актуальной теме, содержит результаты новых и оригинальных исследований, выполнена на современном уровне и протестирована мировым научным сообществом.

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 гидросферы». Пункт 11 указанного Порядка не нарушен.



Тимофеев Юрий Михайлович  
член диссертационного совета  
доктор физико-математических наук,  
профессор кафедры физики атмосферы СПбГУ  
29.08.2021