

Отзыв научного руководителя

на диссертационную работу Марчук Екатерины Артемовны **Процессы генерации мезомасштабных внутренних волн в системе океан-атмосфера и их влияние на тепло- и газообмен между атмосферой и океаном**

Представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.6.18 – науки об атмосфере и климате

Марчук Екатерина Артемовна в 2020 году окончила магистерскую программу на кафедре метеорологии и климатологии Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова. По окончании Университета в том же году Марчук Е.А. поступила в очную аспирантуру Института физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН.

Задачей, поставленной Екатерине Артемовне, было исследование влияния внутренних волн в атмосфере и океане на обменные процессы.

Внутренние волны в атмосфере и океане представляют собой фундаментальный механизм перераспределения энергии, импульса и вещества внутри этих стратифицированных сред, выступая их главным «внутренним дыханием». Их актуальность как объекта исследования заключается в определяющей, но часто скрытой роли, которую они играют в динамике обеих оболочек Земли, формируя прямую связь между удалёнными процессами и слоями. В океане именно внутренние волны служат основным переносчиком энергии из областей генерации в открытый океан и на глубину. При распространении и последующем разрушении, особенно в результате нелинейных процессов и взаимодействия с течениями и рельефом, они трансформируют упорядоченную волновую энергию в мелкомасштабную турбулентность. Именно этот конечный акт диссипации является ключевой причиной вертикального перемешивания в толще океана, которое невозможно обеспечить только ветровой энергией у поверхности.

Атмосферные внутренние гравитационные волны выполняют столь же системную функцию переноса. Генерируемые при обтекании орографии, конвекцией или фронтальными системами, они эффективно транспортируют импульс и энергию из тропосферы в стратосферу и выше. Отдача импульса от волн к среднему потоку при их поглощении или разрыве является критически важным фактором, формирующим крупномасштабную циркуляцию в верхних слоях атмосферы, включая такие макроструктуры, как квазидвухлетняя цикличность экваториальной стратосферы. Однако их влияние не ограничивается высотными слоями. Вблизи поверхности океана атмосферные внутренние волны модулируют структуру пограничного слоя, локально изменяя градиенты ветра, давления и температуры. Это напрямую воздействует на турбулентные потоки на критическом разделе океан-атмосфера, регулируя интенсивность обмена импульсом (что влияет на ветровое волнение и дрейфовые течения) и потоками тепла и влаги.

Дополнительным аспектом актуальности является необходимость совершенствования глобальных и региональных моделей климатической системы, вводя в них мезомасштабные процессы.

Важным инструментом наблюдений за характеристиками и динамикой внутренних волн как в атмосфере, так и в океане, является дистанционное зондирование. Из анализа спутниковых данных возможно лучшее понимание механизмов генерации внутренних волн. Поэтому на первом этапе работы Е.А. Марчук анализировала спутниковые снимки район к северу от Мозамбикского пролива, где располагается Мозамбикское течение с целью определить механизм генерации внутренних волн в океане мезомасштабными вихрями. Определено, что генерация внутренних волн субмезомасштабными вихрями проявляется в виде спиралевидных структур на периферии субмезомасштабных вихрей на

спутниковых снимках в радиолокационном диапазоне и подтверждается анализом их форм и периодов.

Дальнейший анализ был сконцентрирован на исследовании влияния внутренних волн в океане на процессы в приводном слое атмосферы на основании анализа данных морских экспериментов. Установлено, что внутренние волны, распространяющиеся в слое термоклина в океане, вызывают в приводном слое атмосферы временные колебания значений метеопараметров (скорости ветра, температуры, атмосферного давления) и вертикальных турбулентных потоков тепла и импульса в широком диапазоне периодов.

Следующий шаг работы Марчук Е.А. был связан с модуляцией атмосферных процессов внутренними волнами в атмосфере. Также использовались данные специализированных экспериментов. Установлено, что и внутренние волны в атмосфере модулируют турбулентные потоки тепла и импульса на границе океан-атмосфера в широком диапазоне периодов, а также формируют специфическую "гребенчатую" структуру частотных спектров флуктуаций метеопараметров и потоков.

Проделанная работа и полученные результаты являются свидетельством высокой научной квалификации, а также хорошим заделом для дальнейших исследований. В процессе работы Е.А. Марчук освоила методы статистической обработки данных, спектрального анализа, а также работу со спутниковыми изображениями.

Также она освоила экспериментальные методы исследования атмосферных процессов в приводном слое атмосферы, принимая участие в экспериментальных работах лаборатории взаимодействия атмосферы и океана, в том числе и в океанских экспедициях. Она активно участвовала в российских и международных конференциях, выступала на семинарах, участвовала в работе по темам Госзадания ИФА РАН, в двух проектах РФФИ, в работах по хоздоговорам.

Выполненная Екатериной Артемовной работа характеризует её как квалифицированного специалиста, владеющего необходимым математическим и физическим аппаратом, способной самостоятельно проводить научные исследования, получать новые результаты и критически их анализировать.

Считаю, что диссертация Е.А. Марчук представляет собой законченную научно-квалификационную работу, выполненную на высоком научном уровне, и отвечает требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а соискатель заслуживает присуждения ему степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.6.18 – науки об атмосфере и климате.

Научный руководитель
Д.ф.-м.н.

Подпись Репиной И.А. заверяю
Ученый секретарь ИФА РАН
Ю.В. Киселева



И.А. Репина

02.12.2025