

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертацию Александра Михайловича Чухарева

«Вклад основных механизмов генерации турбулентности в вертикальный обмен в деятельном слое моря», представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 04.00.22 – геофизика

Диссертационная работа Александра Михайловича Чухарева, посвящена одной из фундаментальных проблем океанологии – изучению особенностей вертикального турбулентного обмена в верхнем слое моря. Верхний слой океана играет существенную роль в перераспределении тепла, энергии и веществ, поступающих из атмосферы. В свою очередь он оказывает непосредственное влияние на нижние слои атмосферы, участвуя, таким образом, в формировании климата и погоды на нашей планете. Именно турбулентный обмен атмосферы и океана играет важнейшую роль в взаимодействии атмосферы и океана.

Все это определяет актуальность выбранной темы, ее значимость для многих теоретических и практических задач взаимодействия атмосферы и океана.

Помимо Введения и Заключения всего в диссертационной работе четыре главы (в работе они называются разделами), в которых раскрывается суть проведенных исследований.

Первая глава посвящена описанию экспериментальной базы, с помощью которой проводились исследования в приповерхностном слое, и в нижележащем стратифицированном слое. В первом случае применялась оригинальная система фиксирования измерителя на заданном горизонте, во втором – использовался зондирующий вариант прибора. В главе демонстрируются широкие возможности созданной аппаратуры, ее современный уровень и качество. Разработанное автором программное обеспечение для статистической и спектральной обработки и научного анализа измерений существенно повышают ценность полученных материалов, делают доступней их дальнейшее использование.

Большие массивы натуральных данных, собранные в процессе многолетних исследований, являются уникальными, охватывают широкий диапазон гидрометеорологических условий. Результаты первой главы показывают значение созданной автором инструментальной базы, ее современный уровень и широкие возможности.

Разработанный автором (с коллегами) турбулиметр применим для исследования мелкомасштабных процессов, как в приповерхностном квазиоднородном слое моря, так и в нижележащем стратифицированном слое.

Такая универсальность является, безусловно, шагом вперед.

Во второй главе описаны предложенные автором теоретические модели турбулентного обмена для приповерхностного слоя моря, учитывающие влияние различных механизмов генерации турбулентности. Разработанные модели отличаются по сложности и предназначены для применения в разных условиях. В моделях автором учитывается взаимодействие волн и турбулентности, что позволяет значительно улучшить соответствие теоретических и экспериментальных данных. Наиболее совершенной является так называемая многомасштабная модель, учитывающая разномасштабность турбулентных движений. Большинство существующих моделей удовлетворительно работают лишь при умеренных скоростях ветра, многомасштабная модель автора хорошо работает также в штормовых условиях и заметно лучше других моделей соответствует натурным данным.

Похожую идею многомасштабности разрабатывал еще Р.В. Озмидов, выделяя зоны энергоснабжения в спектре океанской турбулентности.

Большое значение имеет проведенная на большом экспериментальном материале верификация моделей автора и других моделей, используемых в настоящее время. Определены условия их применимости, предложены направления для усовершенствования и развития. Автор сформулировал основные причины несоответствия моделей экспериментам – влияние не учитываемых в моделях источников турбулентности (например, циркуляции Ленгмюра) и ряд других факторов: наличие нескольких систем волнения,

взаимодействие волн и течения, поток тепла, нестационарность процессов и проч.

Развитые автором теоретические методы получения оценок турбулентных характеристик в очень сложном для моделирования приповерхностном слое являются крупным вкладом в решение проблемы турбулентного взаимодействия атмосферы и океана.

Верификация моделей, проведенная на большом экспериментальном материале, позволяет сделать достоверные выводы о преимуществах предложенных Александром Михайловичем моделей.

Процессы динамического взаимодействия атмосферы и моря на многочасовых масштабах рассматриваются в третьей главе. Здесь основное внимание уделяется вейвлет-анализу синхронных измерений в атмосфере и в море. В обеих средах экспериментально выявлены значимые периодичности, показана их тесная взаимосвязь. С помощью предложенной нестационарной модели для приповерхностного слоя показано, что периодичности атмосферных воздействий заметным образом влияют на интенсивность турбулентности в морской среде. Учет нестационарности атмосферного воздействия на поверхность моря заметно улучшает соответствие предложенной модели и экспериментальных данных.

Результаты третьей главы дают дополнительные свидетельства о сложности изучаемых процессов обмена вблизи границы раздела двух сред и необходимости дальнейших исследований.

Вывод о необходимости учета субмезомасштабных колебаний при оценке атмосферных воздействий является достаточно важным, поскольку в большинстве моделей используются усредненные характеристики, и интенсивность воздействий может быть недооценена. Вывод о существовании когерентных структур является интересным, но недостаточно убедительным, поскольку физические предпосылки их возникновения не представлены.

Четвертая глава в работе посвящена исследованиям процессов обмена в стратифицированном слое моря до глубины 100 м. Здесь главным источником

турбулентной энергии являются внутренние волны. Экспериментальные исследования проводились в зоне сопряжения шельфа и континентального склона, для которой характерен значительный перепад глубин. Это, по-видимому, служит главной причиной интенсификации турбулентного обмена по сравнению с открытой частью моря.

Автор показал, что вертикальный коэффициент турбулентной диффузии существенно увеличивается в зоне сопряжения шельфа и континентального склона. Большой интерес представляет разработанная статистическая модель турбулентных пятен в поле внутренних волн. Результаты натурных данных согласуются с предложенной численной моделью.

Все результаты и выводы работы базируются на обширном экспериментальном материале, анализе существующих теоретических представлений, что позволило получить автору важные теоретические обобщения.

Тщательная обработка проведенных натурных измерений обеспечивает статистическую достоверность полученных материалов.

Научная ценность работы, основанной на широком использовании экспериментальных данных, полученных в широком диапазоне гидрометеорологических условий, использовании новейшей аппаратуры, созданной автором с коллегами, заключается в получении новых представлений о процессах турбулентного обмена атмосферы и океана.

Хорошее соответствие теоретических моделей и экспериментов позволяет говорить о практической значимости этих моделей. Использование при описании вертикального обмена в верхнем слое океана разработанных автором моделей дает более точную картину процессов переноса тепла, импульса, растворенных веществ и позволяет оценить вклады отдельных механизмов генерации турбулентности.

Можно утверждать, что диссертация Александра Михайловича Чухарева «Вклад основных механизмов генерации турбулентности в вертикальный обмен

в деятельном слое моря» является крупным теоретическим вкладом в решение проблемы энерго-массо обмена атмосферы и океана

Диссертация не свободна от недостатков, некоторые уже упомянуты выше.

Следует отметить следующие замечания.

1. Несмотря на довольно обширный обзор экспериментальных исследований, сделанный в первой главе, нужно отметить некоторую односторонность этого обзора. Ряд работ освещен излишне подробно, в то же время часть важных исследований осталась незатронутой. Например, работы выполненные в ИПМех РАН.

2. В предложенных автором моделях турбулентности рассматриваются всего два уравнения: баланса турбулентной кинетической энергии и скорости диссипации. Как известно, такие модели хорошо работают в случае свободной турбулентности, вдали от границ. Наличие свободной границы, подверженной воздействию атмосферы может вносить дополнительные эффекты, влияющие на турбулентный обмен. В нестационарную модель, рассмотренную в третьей главе, включены и уравнения для импульса, где учитывается тангенциальное напряжение на поверхности, но при этом не учтено влияние обрушений волн.

Напрашивается мысль о необходимости создания какой-то объединяющей модели, работающей во всех случаях, но этого сделано не было.

3. Относительно упоминаемых в работе когерентных структурах – бесспорных доказательств их существования из приведенных результатов не следует, хотя такая гипотеза логична.

4. В качестве замечания по автореферату следует отметить, что не очень понятно из текста, какие физические предпосылки лежат в основе упрощений, в результате которых выписываются модельные уравнения (в тексте автореферата их нет), формальную часть автореферата следовало написать более убедительно.

Указанные замечания не снижают теоретической и практической ценности диссертационной работы, достоверности и значимости основных результатов. Часть замечаний могут рассматриваться как пожелания автору в дальнейшей работе.

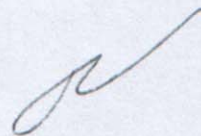
Содержание диссертация полностью соответствует указанной специальности. Автореферат диссертации хорошо структурирован, его содержание раскрывает суть выполненного исследования и соответствует материалу, изложенному в диссертации.

Считаю, что работа Александра Михайловича Чухарева «Вклад основных механизмов генерации турбулентности в вертикальный обмен в деятельном слое моря», соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к докторским диссертациям, а автор заслуживает присуждения ему искомой степени доктора физико-математических наук.

Доктор физико-математических наук, профессор
заведующий кафедрой физики моря и вод суши

Показеев Константин Васильевич

119991, ГСП-1, Москва
Ленинские горы, МГУ имени М.В.Ломоносова
Дом 1, строение 2, Физический Факультет
+7495-939-16-77, sea@phys.msu.ru



Подпись доктора физико-математических наук, профессора
заведующего кафедрой физики моря и вод суши

Показеева Константина Васильевича

заверяю

Декан физического факультета

Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова

профессор Н.Н. Сысоев

