

УТВЕРЖДАЮ

И.О. Директора

ФГБУ «Центральная аэрологическая
обсерватория»

А.С.Вязанкин



20.09 2022 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу Зайцевой Дарьи Владимировны “Внутренние гравитационные волны в атмосферном пограничном слое и их влияние на приземные характеристики вертикального обмена”, представленной на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.29 – “физика атмосферы и гидросферы”

Целью данной работы является получение количественных оценок степени влияния внутренних гравитационных волн (ВГВ) на турбулентный обмен в устойчиво стратифицированном атмосферном пограничном слое (УАПС). В качестве основного инструмента исследования ВГВ использовались акустические локаторы (содары), позволяющие регистрировать субмезомасштабные структуры в поле интенсивности мелкомасштабных турбулентных неоднородностей. По доплеровскому сдвигу частоты эхосигнала содара определялись вертикальные профили компонент средней скорости ветра и ее флуктуаций. На основе экспериментальных содарных измерений в различных местностях, а также многолетних содарных измерений в пригороде Москвы были получены уникальные данные о частоте повторяемости и параметрах внутренних гравитационно-сдвиговых волн (ВГСВ) типа валов Кельвина-Гельмгольца (ВКГ) и волн плавучести (ВП) в различные сезоны. При этом для характеристик обменных процессов использовались данные высокочастотных измерений флуктуаций температуры воздуха и скорости ветра в приземном слое атмосферы, полученные с помощью ультразвуковых термометров –анемометров, расположенных на метеорологических мачтах. Был проведен анализ изменения структурной характеристики температуры, дисперсии вертикальных компонент скорости ветра, турбулентной кинетической энергии, а также потоков тепла и импульса как во время прохождения волн, так и в смежные промежутки времени. Были получены количественные оценки изменений характеристик вертикального турбулентного обмена, соответствующих прохождению цугов волн разных классов.

Актуальность темы диссертации обусловлена существенным интересом к исследованию обменных процессов в УАПС, определяющих погоду и качество приземного воздуха, воздействующих на распространение звуковых, оптических и радио волн, на выпадение осадков, на эффективность работы ветровых турбин, на безопасность воздушной навигации. Полученные экспериментальные данные позволяют также уменьшить ошибки оперативных региональных прогнозов значений приземных метеорологических величин. Полученные автором экспериментальные данные свойств и параметров ВГВ могут также в перспективе способствовать усовершенствованию параметризаций потоков тепла и импульса в численных мезомасштабных прогностических моделях АПС.

Диссертационная работа состоит из трех глав, введения, заключения, двух приложений, списка цитируемой литературы (164 наименования). Содержит 134 страницы, 39 рисунков, 6 таблиц.

Во введении обосновывается актуальность темы диссертации, сформулированы основные цели и задачи работы, описаны методы исследования и используемая аппаратура. Приводятся основные положения, выносимые на защиту, научная новизна полученных результатов, а также личный вклад автора.

Первая глава носит в основном обзорный характер, описаны предшествующие работы других авторов в этой области. Показано, что из результатов полученных экспериментальных данных видно, что структура и параметры УАПС могут быть весьма различны. Отмечается, что прохождение ВГВ может сопровождаться всплеском турбулентности, при этом одним из механизмов генерации турбулентности является обрушение волн.

Вторая глава посвящена описанию регистрации волнообразных структур и их климатологии. Дается описание основных технических характеристик используемых в работе приборов и мест проведения измерений. Представлен используемый метод регистрации и классификации атмосферных волн на содарных эхограммах; приведены данные о совместной регистрации волн при помощи содаров и микробарографов. Даны примеры регистрации волн в различных географических точках. Отдельно приводится статистика частоты появления и параметров ВГВ в пригородной местности. Показаны примеры содарной регистрации структуры АПС. Сопутствующими были также данные о профилях температуры АПС, полученные с помощью микроволнового сканирующего температурного профилемера, а также ультразвуковых термометров-анемометров и микробарографов. Приведены примеры содарных эхограмм, которые использовались для идентификации ВГВ в нескольких различных регионах. Проведен анализ возможных расхождений в данных содаров и микробарографических измерений. Отмечается, что для проведения климатологических исследований необходимо сопровождать измерения давления визуализацией формы волн и высоты расположения волновых слоев с помощью содаров, лидаров и приборов радиодиапазона.

Глава 3 посвящена описанию результатов исследования степени влияния атмосферных волн на вертикальный обмен в УАПС. Представлены методики, которые использовались для расчета турбулентности и степени влияния на них эпизодов волновой активности. Приводятся примеры спектров и временных рядов рассчитанных характеристик при прохождении волновых цугов. Представлены также результаты сопоставления степени влияния волн разных классов, а также приведено сопоставление полученных результатов с результатами других экспериментальных и модельных исследований. Предложенная в работе методика подразумевает сравнение значений характеристик турбулентности в смежные периоды времени- до появления цуга волн в АПС и после прихода цуга (при контроле стационарности внешних условий). Для каждого эпизода были проанализированы спектральные разложения потоков тепла и импульса. Показано, что полученные автором результаты сопоставимы с результатами, полученными другими авторами, а также с численным моделированием влияния ВКГ на АПС.

В заключении отмечается, что в результате проведения большого объема экспериментальных исследований и анализа полученных данных можно отметить следующие основные результаты. Разработаны критерии детектирования периодических движений, относящимся к волнам плавучести и гравитационно-сдвиговым волнам по данным содарного зондирования. Проведено сравнение содарных и микробарографических измерений. По результатам обработки архивных данных 2008-2015 гг. создан каталог волновых движений в АПС. Разработана методика оценки степени влияния эпизодов волновой активности на характеристики турбулентности. Получены количественные оценки сопутствующих прохождению волн изменений структурной характеристики температуры и дисперсии вертикальной компоненты скорости ветра, измененных внутри волнового слоя.

Получены количественные оценки изменений кинетической энергии возмущений и потока импульса во время прохождения цугов внутренних гравитационных волн. Полученные автором выводы находятся в согласии с опубликованными данными численных и натуральных экспериментов. Экспериментально подтверждено, что даже небольшие изменения значений исходных метеорологических параметров кардинально влияют на взаимодействие волн и турбулентность в УАПС. Впервые предложен и реализован метод получения количественных оценок степени воздействия ВГВ по данным микрометеорологических измерений для временных периодов, смежных с эпизодами волновой активности, а также с помощью акустического зондирования АПС продемонстрировано различие в степени воздействия волн различных классов на турбулентность.

Результаты, полученные автором диссертационной работы, имеют как большую научную, так и практическую значимость. Они могут использоваться как для верификации результатов численных экспериментов и уточнения параметризаций, используемых при моделировании процессов в устойчиво стратифицированном АПС, так и для повышения точности прогноза приземных метеорологических величин.

Полученные результаты могут быть использованы в МГУ, СПбГУ, ФГБУ «ЦАО», ФГБУ «Гидрометцентр РФ», ФГБУ «ГГО», НПО «Тайфун», ИОА СО РАН, ИМКЭС СОРАН, ИВМ РАН, ИФА РАН и других.

Вместе с тем, к работе можно сделать некоторые замечания.

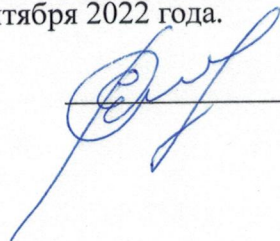
1. Несколько перегружен текст введения.
2. В списке перспективных средств для мониторинга профилей температуры АПС автор не указала микроволновые температурные профиломеры, серийно выпускаемые в РФ, США, Германии и используемые в более чем 100 пунктах зондирования по всему миру.
3. Не везде указана высота мачт, на которых устанавливались соники и микробарографы.
4. К сожалению, в работе не приведены критерии степени устойчивости пограничного слоя и критерии возникновения ВГВ.

Отмеченные замечания не снижают ценности работы, выполненной на высоком профессиональном уровне, написанной на актуальную тему и характеризующейся наличием научной новизны.

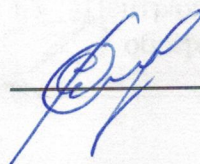
Автореферат полностью соответствует основному содержанию диссертационного исследования. Результаты работы докладывались автором на российских и международных научных конференциях, опубликованы в рецензируемых научных журналах. Всего автором опубликовано 18 научных публикаций.

Таким образом, диссертационная работа Зайцевой Дарьи Владимировны «Внутренние гравитационные волны в атмосферном пограничном слое и их влияние на приземные характеристики вертикального обмена», соответствует требованиям пунктов 9-10 Положения о присуждении Ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года №842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.29- Физика атмосферы и гидросферы.

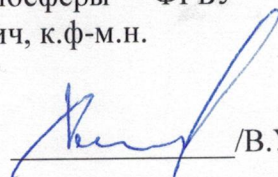
Отзыв подготовлен доктором технических наук, доцентом, главным научным сотрудником Отдела Исследования состава атмосферы (ОИСА) ФГБУ «Центральная аэрологическая обсерватория» Кадыгровым Евгением Николаевичем, рассмотрен и одобрен на заседании семинара ОИСА ЦАО, протокол № 3 от 20 сентября 2022 года.


/Е.Н.Кадыгров/

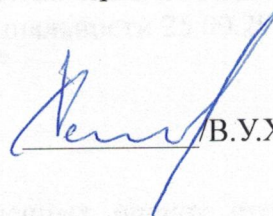
Я, Кадыгров Евгений Николаевич, д.т.н., к.ф.-м.н., г.н.с. ОИСА ЦАО, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку


/Е.Н.Кадыгров/

Заведующий Отделом Исследования Составы Атмосферы ФГБУ «Центральная аэрологическая обсерватория» Хаттатов Вячеслав Усеинович, к.ф.-м.н.


/В.У.Хаттатов/

Я, Хаттатов Вячеслав Усеинович, к.ф.-м.н., заведующий ОИСА ЦАО, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку


/В.У.Хаттатов/

Подписи Кадыгрова Е.Н. и Хаттатова В.У. заверяю

Ученый секретарь ЦАО, к.г.н.


/Н.А.Безрукова/

