

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор ИФА им. А.М. Обухова РАН  
д.ф.-м.н. Куличков С.Н.

«29» июня 2022 г.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики атмосферы им. А.М. Обухова Российской академии наук

Диссертационная работа Д.В. Зайцевой «Внутренние гравитационные волны в атмосферном пограничном слое и их влияние на приземные характеристики вертикального обмена» выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте физики атмосферы им. А.М. Обухова Российской академии наук (ИФА им. А.М. Обухова РАН). В период подготовки диссертации соискатель работала в Радиоакустической лаборатории ИФА им. А.М. Обухова РАН. В 2015 соискатель окончила Физический факультет Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, в 2015-2019 гг. проходила обучение в аспирантуре ИФА им. А.М. Обухова РАН.

Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов выдано в 2022 г. ИФА им. А.М. Обухова РАН.

Научный руководитель доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник Радиоакустической лаборатории ИФА им. А.М. Обухова РАН Каллистратова Маргарита Александровна.

По результатам рассмотрения диссертации Д.В. Зайцевой «Внутренние гравитационные волны в атмосферном пограничном слое и их влияние на приземные характеристики вертикального обмена» принято следующее заключение:

Диссертационная работа посвящена экспериментальному исследованию параметров внутренних гравитационных волн (ВГВ), захваченных устойчиво стратифицированным атмосферным пограничным слоем (УАПС), а также анализу воздействия ВГВ на обменные процессы в УАПС. Актуальность темы диссертации обусловлена ролью ВГВ в формировании структуры и динамики УАПС. Обменные процессы в АПС определяют погоду и качество воздуха, воздействуют на распространение звуковых и оптических волн, влияют на выпадение осадков, на эффективность работы ветровых турбин, на безопасность воздушной навигации. В последние годы в мировых исследованиях АПС наибольшее внимание уделяется именно устойчиво стратифицированным пограничным слоям, поскольку физические механизмы турбулентного перемешивания в них до сих пор недостаточно поняты и плохо параметризуются. Увеличение мощности вычислительной техники позволило существенно улучшить пространственную разрешающую способность оперативных



моделей — вплоть до километра по горизонтали, и десятков метров по вертикали. Однако, оказалось, что такое улучшение разрешающей способности не приводит к повышению оправдываемости прогноза. в настоящее время сотни публикаций посвящены усовершенствованию физической параметризации УАПС с учётом многих факторов, например, радиационного обмена, неоднородности поверхности, и т.п. В число таких факторов необходимо включать и генерируемые, либо захваченные в УАПС субмезомасштабные ВГВ, которые воздействуют на обменные процессы в этом слое. Однако, к настоящему времени, учёт ВГВ в подсеточной параметризации УАПС был предложен лишь для мезомасштабных орографических волн, вызванных холмистостью подстилающей поверхности, а для волнообразных движений неорографического происхождения, которые наблюдаются в УАПС повсеместно, подобные параметризации отсутствуют. Проведенные в диссертации экспериментальные исследования свойств и параметров ВГВ в АПС, а также получение количественных оценок степени воздействия ВГВ на характеристики обменных процессов являются актуальными, и будут способствовать, в перспективе, усовершенствованию параметризаций потоков тепла и импульса в численных мезомасштабных прогностических моделях АПС.

В ходе работы были решены следующие задачи: проведение комплексных экспериментальных исследований турбулентной структуры АПС в различных местностях и сопоставление различных методов детектирования волновых движений в АПС; разработка критериев классификации волнообразных движений, наблюдаемых на содарных эхограммах, и выявление эпизодов, относящихся к основным типам волн в АПС: волны плавучести и внутренние гравитационно-сдвиговые волны типа валов Кельвина-Гельмгольца; статистический анализ параметров волн разных классов по данным экспедиционных измерений и многолетних измерений на стационарном пункте в пригороде Москвы; разработка методики количественной оценки воздействия цугов волн в АПС на характеристики турбулентности на основе натурных измерений; получение количественных оценок влияния цугов волн на характеристики турбулентности, рассчитываемые внутри слоя волновой активности и в приземном слое атмосферы; сопоставление полученных оценок для различных классов волн; качественное сопоставление полученных экспериментальных оценок с опубликованными ранее экспериментальными и модельными данными.

В диссертационной работе был получен ряд новых результатов. Впервые анализ воздействия ВГВ в АПС на интенсивность обменных процессов был проведён на основе данных длительной серии натурных измерений, обработанных по единой методике. Впервые предложен и реализован метод получения количественных оценок степени воздействия ВГВ по данным микрометеорологических измерений для временных периодов, смежных с эпизодами волной активности, при сохранении средних метеорологических условий. Впервые с помощью акустического зондирования АПС исследование воздействия проведено отдельно для двух классов ВГВ — внутренних гравитационно-сдвиговых волн (ВГСВ) и волн плавучести (ВП).



Впервые продемонстрированы различия в степени воздействия волн различных классов на турбулентность.

Соискатель принимала непосредственное участие в постановке и решении всех задач диссертационной работы. Она проводила соударные измерения в 6 полевых экспедициях в Калмыкии, в Ростовской области и в прибрежной зоне Черного моря. Соискателем была самостоятельно проведена основная часть анализа соударных эхограмм, разработаны и применены критерии разделения ВГВ в АПС на классы. Соискателем была разработана методика получения количественной информации о степени воздействия ВГВ на обменные процессы. Соискатель провела обработку всех использованных в диссертации соударных и микрометеорологических данных, включая расчеты параметров волн и характеристик турбулентности, а также представление их статистики и обобщенных свойств.

Материалы диссертации были представлены в виде докладов на двух российских школах-конференциях молодых учёных «Состав атмосферы. Атмосферное электричество. Климатические Эффекты» (Борок, 2017; Борок 2020), на двух международных симпозиумах по развитию дистанционного зондирования атмосферного пограничного слоя ISARS (Болгария, 2016; Германия, 2018), на международной конференции «Турбулентность, динамика атмосферы и климата» (Москва, 2020), на семинаре отдела динамики атмосферы ИФА им. А.М. Обухова РАН 16 сентября 2021 года, а также на семинаре «Экологический мониторинг и исследование антропогенных воздействий на окружающую среду» ИФА им. А.М. Обухова РАН 18 октября 2021 года.

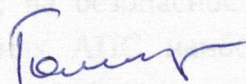
Основные результаты по теме диссертации изложены в 18 печатных работах, из них 8 в журналах, рекомендованных ВАК.

Диссертация Д.В. Зайцевой представляет собой законченное научное исследование, актуальна и выполнена на высоком научном уровне. Полученные соискателем результаты достоверны, выводы и заключения логичны и обоснованы.

Работа отвечает требованиям, предъявляемым ВАК Минобрнауки России к кандидатским диссертациям, предусмотренным в пунктах 9-14 Положения о порядке присуждения научных степеней.

Диссертация Зайцевой Дарьи Владимировны «Внутренние гравитационные волны в атмосферном пограничном слое и их влияние на приземные характеристики вертикального обмена» рекомендуется к защите на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.29 «Физика атмосферы и гидросферы».

Зав. отделом динамики атмосферы  
академик, доктор физ.-мат. наук



Г.С. Голицын