

“УТВЕРЖДАЮ”

Врио директора Института прикладной физики РАН  
чл.-корр. РАН



Г.Г. Денисов

« 10 » января 2019 г.

### Отзыв

ведущей организации, Института прикладной физики РАН, на диссертацию В.С. Люлюкина «Параметры и структура волн Кельвина-Гельмгольца в атмосферном пограничном слое по данным сонарного зондирования», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.29 – «Физика атмосферы и гидросферы»

**Актуальность исследования.** Предметом диссертационной работы В.С. Люлюкина является экспериментальное исследование проявлений внутренних гравитационно-сдвиговых волн (ВГСВ) в атмосферном пограничном слое (АПС) методом акустического зондирования. ВГСВ оказывают прямое влияние на региональный климат, дисперсию загрязнений, безопасность аэронавигации и эффективность ветроэнергетики. Параметризации и количественные оценки влияния ВГСВ на интенсивность турбулентного перемешивания и процессов обмена в АПС нуждаются в уточнении на основе экспериментальных данных. Большой объем натурных данных, характеризующих проявления ВГСВ в различных условиях (городская среда с интенсивной застройкой, прибрежные, степные и пустынные районы), представленный в работе диссертанта, обуславливает ее актуальность.

**Краткое содержание работы.** Диссертация состоит четырех глав. В первой главе приводится описание результатов исследований физических проявлений ВГСВ в устойчиво-стратифицированном атмосферном



пограничном слое. Обсуждаются структуры, формирующиеся при распространении ВГСВ в условиях сдвиговой неустойчивости (обозначаемые в работе как «волны Кельвина-Гельмгольца» или ВКГ), формулируется и обосновывается цель работы. Во второй главе описывается метод исследований и аппаратура звуковой локации АПС, обсуждаются физические основы метода, способы его реализации и достоинства для исследований внутренних гравитационных волн в поле температурных флуктуаций в мелком инверсионном АПС, приводятся параметры измерительной аппаратуры, а также географические и климатические характеристики мест расположения измерительных пунктов. В третьей главе содержатся результаты климатологических исследований ВКГ: приводится статистика повторяемости основных параметров ВКГ, наблюдавшихся на стационарной сети дистанционного зондирования АПС в Московском регионе, даются оценки горизонтальных масштабов области волновой активности по синхронным измерениям в пространственно-разнесенных пунктах, проводится анализ синоптических условий, способствующих возникновению ВКГ. Здесь же приводятся результаты экспедиционных измерений. Четвертая глава посвящена статистическому анализу структуры поля скорости ветра в ВКГ.

**Научная новизна.** Диссертационная работа В.С. Люлюкина содержит новые научные результаты:

- Разработана методика регистрации и систематизации различных типов внутренних гравитационно-сдвиговых волн (ВГСВ) с помощью акустических локаторов – содаров. Проведены многолетние непрерывные круглосуточные измерения параметров ВГСВ в Московском регионе, а также краткосрочные измерения в нескольких экспедициях;
- Разработаны критерии идентификации ВГСВ, проанализирован весь массив полученных данных и создан уникальный архив зарегистрированных эпизодов ВГСВ, проведена статистическая обработка структур поля скорости ветра в ВГСВ;
- Показано, что наблюдаемые структуры неорографического происхождения (волны Кельвина-Гельмгольца, ВКГ), относятся к классу гравитационно-сдвиговых волн, распространяющихся в устойчиво-стратифицированном АПС в условиях развития сдвиговой неустойчивости. Получены оценки



горизонтальной протяженности цугов ВКГ и исследована связь их возникновения с синоптической ситуацией.

#### **Замечания:**

1. В работе для обозначения изучаемых структур употребляется название «волны Кельвина-Гельмгольца» (ВКГ). Этот термин нельзя назвать удачным, поскольку он совпадает с широко известным названием (КГ) неустойчивости тангенциального разрыва скорости (см. напр. Ландау, Лившиц, «Гидродинамика», т. IV, с. 153, 1988.). Таким образом, при прочтении работы иногда возникает путаница, какое физическое явление имеется ввиду – распространение ВГСВ в атмосфере, процесс развития КГ- неустойчивости, либо ее нелинейная стадия.

2. В описании метода и аппаратуры отсутствует оценка погрешностей измерений температуры и скорости ветра. Следует отметить также, что основной период наблюдаемых структур приходится на интервал 3-4 мин., который близок к наименьшему временному масштабу, надежно разрешаемому используемой аппаратурой (Рис. 3.3).

3. Наблюдаемые структуры было бы полезно сравнить с известными аналитическими решениями, моделирующими нелинейную стадию развития КГ-неустойчивости (см. Stuart, J. T. (1958) J. Fluid Mech. 4, 1-21).

4. Следует отметить отсутствие статистического обобщения данных измерений и параметров структур, полученных в различной местности. В рукописи диссертации встречаются опечатки и описки, а также пропуски символов в формулах, что иногда осложняет понимание текста.

**Общая оценка работы.** Приведенные выше замечания не снижают значимости научных результатов, полученных в диссертации, и не влияют на общую положительную оценку работы и профессиональных качеств соискателя. Диссертация Василия Сергеевича Люлюкина является цельным законченным исследованием на актуальную тему. Работа выполнена на высоком научном уровне, грамотно структурирована. Научные положения и выводы диссертации обоснованы. Выполненные в диссертации исследования характеризуют автора как самостоятельного экспериментатора, опытного специалиста в области современных геофизических измерений и их компьютерной обработки и статистического анализа. Результаты диссертации



опубликованы в 6-ти работах в изданиях из списка ВАК и доложены на международных и всероссийских конференциях. Автореферат правильно отражает содержание диссертации и дает полное представление об использованных методах и подходах, актуальности, новизне и значимости работы, а также о личном вкладе автора. Работа соответствует паспорту специальности 25.00.29 - физика атмосферы и гидросферы.

По научному уровню проведенных исследований, их актуальности и ценности полученных результатов диссертация В.С. Люлюкина полностью соответствует требованиям «Положения о присуждении учёных степеней» Постановления Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к диссертационным работам на соискание учёной степени кандидата наук, а ее автор Люлюкин В.С. заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.29 – «Физика атмосферы и гидросферы».

Доклад Люлюкина В.С. по материалам диссертационной работы заслушан и одобрен на семинаре отдела 230 Института прикладной физики РАН 13.12.2018.

Отзыв составил

Ведущий научный сотрудник ИПФ РАН

доктор физико-математических наук (01.02.05 -механика жидкости, газа и плазмы)

Дружинин / Дружинин Олег Александрович/

Адрес: 603950, г. Нижний Новгород. БОКС - 120, ул. Ульянова, 46

Телефон: 831 416-47-60.

E-Mail: druzhinin@hydro.appl.sci-nnov.ru

Я, Дружинин Олег Александрович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

Подпись О.А. Дружинина удостоверяю

Учёный секретарь ИПФ РАН

« 28 » декабря 2018 г.



Корюкин И.В.