

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА
на диссертационную работу Люлюкина Василия Сергеевича

**«ПАРАМЕТРЫ И СТРУКТУРА ВОЛН КЕЛЬВИНА-ГЕЛЬМГОЛЬЦА
В АТМОСФЕРНОМ ПОГРАНИЧНОМ СЛОЕ
ПО ДАННЫМ СОДАРНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ»,**

представленную на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук наук
по специальности 25.00.29 – Физика атмосферы и гидросферы

Диссертационная работа Василия Сергеевича посвящена весьма важному и недостаточно изученному к настоящему времени явлению атмосферного пограничного слоя (АПС) – структуре и свойствам волн Кельвина-Гельмгольца. Основным методом исследования волн в АПС в диссертации является визуальный анализ волновой структуры по данным моностаических доплеровских акустических локаторов. К настоящему времени нет устоявшихся общепринятых оценок параметров и структуры волн Кельвина – Гельмгольца, нет также общепринятого мнения о влиянии волновых процессов на турбулентные обмены массой, теплом и влагой, что в конечном итоге является одной из главных задач в исследованиях физики атмосферного пограничного слоя.

Целью работы автор объявил исследование параметров и внутренней структуры волн Кельвина-Гельмгольца на основе данных многолетнего мониторинга пограничного слоя атмосферы с помощью акустических локаторов (содаров). Предварительно надо сказать что, цель, без сомнения, важная, актуальная как для понимания физики пограничного слоя атмосферы, так и, в дальнейшем, для совершенствования описания обменных процессов в численном прогнозе погоды и моделировании изменения климата.

Подтвердив важность и актуальность цели, задача оппонента, как я ее понимаю, определить степень достижения этой цели. Для этого перейдем к анализу структуры и отдельных частей работы.

Диссертационная работа (общий объем 127 страниц, из которых 106 страниц содержательной части) состоит из введения, четырех глав и заключения.

Введение занимает 10 страниц текста и вполне вводит читателя в большое число проблем, которые предстоит решать диссертанту и содержит некоторую информацию о том, что же было опубликовано по теме исследования до автора.

Первая глава, 15 стр., работы посвящена детальному обзору имеющихся к настоящему времени описаний проявлений в устойчиво стратифицированном пограничном слое атмосферы волновых движений в диапазоне масштабов от сотни метров до километров. Введение и обзор отражают эрудицию автора в теме работы.

Именно в первой главе автор описывает выдвинутую ранее гипотезу, о том, что обрушение волновых колебаний может являться основной причиной турбулентных обменов в устойчиво-стратифицированном потоке. В целом обзор составлен добросовестно и содержит основную информацию о колебаниях в АПС, исследуемых автором в диссертации. Хорошее впечатление производят таблицы, в которых систематизирован материал исследования колебаний, с указанием использованного оборудования и определенных в результате измерения параметров. Из таблицы видно также, что после 1973 г. изучение колебаний в АПС проводится в основном с помощью содаров, что является обоснованием использованных автором инструментария.

(1) Некоторым недостатком, хорошего в целом, обзора, можно считать отсутствие в нем конкретных результатов моделирования волновых процессов по литературным данным, которые можно было бы сравнивать с экспериментальными исследованиями диссертанта.

Вторая глава, 24 стр., работы посвящена описанию аппаратуры, использованной в исследовании, и методике регистрации волн. Наличие такой главы в работе, конечно необходимо для понимания полученных результатов. В этой главе обосновывается адекватность использования именно содаров для исследования инверсионных условий и волн в АПС. Подробно описываются принципы акустического зондирования атмосферы, приводится описание практической реализации зондирования с помощью содара. Вторая глава написана хорошим языком с отчетливыми ссылками на первоисточники.

(2) Из текста главы остается не ясным, имеется ли вклад диссертанта в разработку методики измерений, и сколь значительна, так называемая «модернизация» программ обработки сигналов, проведенная автором, или же он лишь использовал ее для специфического волнового феномена, увеличив контрастность эхограмм. (3) Не совсем ясно также внес ли диссертант свой вклад в модификацию и режим работы измерительной аппаратуры, в частности содаров.

В третьей главе, занимающей значительную часть диссертации, 36 стр., приведены результаты исследования автором структуры и характеристик волн Кельвина – Гельмгольца по данным содаров, установленных в Москве (МГУ и ИФА) и Московской области (в Звенигороде). В данной главе приведена важная и уникальная статистика повторяемости параметров колебаний за 3 года (с 2009 по 2011) наблюдений: среднегодовые и сезонные распределения суммарной длительности наблюдения эпизодов ВКГ, распределение временных периодов волн и распределение суммарной длительности наблюдения ВКГ по величине, вертикального сдвига скорости ветра в низкоуровневых струйных течениях. Проведено сравнение эмпирических величин с теоретическими

оценками. Идентификация эпизодов волновой активности на содарных эхограммах проводилась визуально, вручную.

Представляет несомненный интерес параграф 3.2 по исследованию пространственных масштабов волновых процессов.

В параграфе 3.3 автор приводит результаты изучения связи наличия волновых процессов с синоптическими ситуациями. Для определения синоптических ситуаций, как говорит автор, он использовал реанализ.

(4) Автор не указывает ни какой именно реанализ использовался, с каким пространственным разрешением, ни каким образом он его использовал? Строил ли карты, брал ли значения в точках? (5) По тексту автор пользуется картами с фронтальным анализом. Известно, что это не карты реанализа, но ссылок на происхождение этих карт нет.

В параграфе 3.4 исследуются колебания в Антарктике, в аридных и прибрежных регионах но уже 2010-2011гг. Кроме того приводятся данные за зиму 2014г и в Калмыкии за лето 2012, 2015 и 2016гг. Кроме того были проведены измерения на океанологической платформе в Кацивели в июне и октябре 2016г.

В целом глава интересная и содержит много важных и оригинальных результатов, в частности пространственное распределение волн, полученные по трем пунктам измерений.

Из результатов третьей главы следует, что волны Кельвина – Гельмгольца весьма частое явление (234 случая с продолжительностью более 400 часов). Показано, что их активность связана с синоптической ситуацией и то, что это явление имеет не локальный, а региональный характер.

Четвертая глава диссертации (17 стр.) посвящена исследованию внутренней структуры волн Кельвина – Гельмгольца. Автором диссертации предложена методика обработки содарных эхосигналов с помощью композитного анализа. (6) Использовались данные уже почему- то 2008-2010 гг. подмосковной станции. Кроме того, анализировались данные за лето 2011 г. на финской антарктической станции. Выбор участков данных для осреднения проводился вручную. Для каждого эпизода строилось двумерное векторное поле ветровых возмущений. Автором проанализирована структура ветрового поля, выявленная методом композитного анализа, и ее связь с гипотезой об устойчивой динамической структуре ВКГ, представляющей собой медленно вращающиеся вихри (иногда не замкнутые) с типичными периодами порядка десятков минут, переносимые общим потоком.

(7) После прочтения этой главы, возникает ощущение, что вот-вот автор покажет, что адекватный учет исследуемой структуры ВКГ изменяет перенос массы в определенных условиях и поможет учесть этот эффект таким-то образом в параметризации АПС. Но, к сожалению, в выводах главы и даже диссертации этого так и не возникло.

В Заключении автором сформулированы основные научные результаты исследования. В частности, он констатировал, что гравитационно-сдвиговые волны типа волн Кельвина-Гельмгольца (ВКГ) являются наиболее распространенным типом волн в слабо неоднородной местности и повсеместно наблюдаются в низкоуровневых сдвиговых течениях при инверсиях. Показано, что региональные синоптические условия играют ключевую роль для возникновения ВКГ, и преобладают над локальными особенностями местности наблюдения.

Проанализировав всю работу можно констатировать, что автор вполне достиг поставленной цели работы. Он тщательно и профессионально экспериментально исследовал свойства и структуру волн Кельвина – Гельмгольца и получил большое количество важных оригинальных научных результатов.

В качестве общих замечаний к работе хотелось бы высказать следующее:

(8) Автор нигде не обосновывает и не поясняет выбор дат для анализа. Если для экспедиционных периодов – это понятно, то для стационарных многолетних наблюдений в Москве и Московской области – не ясно почему не последние годы, продолжается ли архив, почему меняются годы, насколько эти архивы полны.

Хочется пожелать автору в будущем – автоматизировать обработку, подтвердить (или опровергнуть) сделанные вручную выводы и сформулировать необходимые гипотезы для включения волн Кельвина – Гельмгольца в параметризацию АПС столь необходимую в задачах моделирования циркуляции атмосферы.

Диссертация в целом написана ясным языком понимающего специалиста. Тем не менее, хотелось бы пожелать автору некоторую большую аккуратность в текстах.

(9) Например, обещая анализ данных в Московской области (стр 52), автор приводит результаты двух Московских станций и только одной подмосковной. Или выражение «испытаны в статье» (стр 56) хорошо бы изменить на «испытаны авторами статьи».

Перечисленные выше замечания не снижают ценность и высокий научный уровень работы. Работа представляет собой законченное исследование. Основные результаты

