

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор
Федерального государственного
бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Московский государственный
университет имени М.В. Ломоносова»
д.ф.м.н., профессор А.А. Федянин



А.А. Федянин

2016 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации – Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» – на диссертацию Байдакова Георгия Алексеевича «Экспериментальное исследование взаимодействия ветрового потока и поверхностных волн на коротких разгонах», представленную к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.29 – физика атмосферы и гидросферы.

Диссертационная работа Г.А. Байдакова посвящена проблеме взаимодействия атмосферы и гидросферы в условиях коротких разгонов ветра, которые свойственны внутренним водоемам или прибрежной зоне морей и океанов. Актуальность и практическая значимость работы сомнений не вызывает. Она обязана таким аспектам проблемы как обмен импульсом, теплом и массой в системе вода-воздух, эрозия берегов, безопасность судоходства, состояние окружающей среды и микроклимат рекреационных зон и др. Основная особенность коротких разгонов заключается в большой крутизне возникающих ветровых волн, которая свидетельствует о сильной нелинейности. Нелинейный характер и сложность процессов ветро-волнового взаимодействия подпитывают непрекращающийся интерес исследователей к задачам взаимодействия атмосферы и гидросферы. Можно утверждать, что перед автором диссертации были поставлены достойные и нетривиальные задачи. Далее мы остановимся на том, как автор справился с этими задачами.

Диссертация состоит из введения, 3 глав, заключения, списка литературы (87 наименований) и списка публикаций автора по теме диссертации (38 наименований, включая 5 статей в реферируемых журналах). Общий объем диссертации составляет 95 страниц.

Сразу отметим безусловное достоинство работы, которое состоит в удачном сочетании использования натуральных данных, лабораторного эксперимента и численного моделирования.

Во *Введении* обосновывается актуальность работы, формулируются цели, описывается научная новизна и положения, выносимые на защиту, а также кратко излагается содержание диссертации.

В *Главе 1* проводится краткий обзор методик восстановления параметров турбулентного пограничного слоя атмосферы над взволнованной водной поверхностью и параметров ветрового волнения. Описываются натурные эксперименты, проведенные с участием автора на Горьковском водохранилище. Особое внимание здесь уделяется оригинальной методике измерения параметров приводного пограничного слоя, которая подразумевает совместное использование неподвижных сенсоров, закрепленных на вехе Фруда, и подвижного сенсора, отслеживающего поверхность воды. Описывается метод определения характеристик турбулентного пограничного слоя, основанный на концепции о логарифмическом профиле скорости ветра. В результате обработки натуральных данных показано, что в условиях малых разгонов параметры приводного пограничного слоя в непосредственной близости к поверхности (высота до 1 метра) отличаются от усредненных по пятиметровому профилю скорости и, особенно, от восстановленных по верхней части профиля. Итогом обработки данных служит обновленная эмпирическая зависимость коэффициента аэродинамического сопротивления водной поверхности C_D от скорости ветра. Показано, что эта зависимость существенно немонотонная. По результатам измерений предложена новая параметризация зависимости коэффициента C_D от скорости ветра.

Отдельное внимание уделено исследованию спектральных характеристик ветрового волнения. Для регистрации волн используется антенна близкорасположенных струнных волнографов. Исследование поверхностного волнения показало, что асимптотика коротковолновой части спектра соответствует спектру насыщения Филлипса, на основании чего сделан вывод о нелинейном характере волн,

для которых основным механизмом диссипации является нелинейное ограничение амплитуды за счет обрушения. При этом для высокочастотной части спектра отмечено выполнение дисперсионного соотношения для волн на глубокой воде.

Глава 2 посвящена лабораторному моделированию ветро-волнового взаимодействия. Здесь, в частности, показано, что полученные в лабораторных условиях значения коэффициента C_D корректно предсказываются путем интерполяции натуральных данных вплоть до участка «насыщения» зависимости C_D от скорости ветра. Весьма любопытным можно признать и следующий результат: коротковолновая асимптотика пространственного спектра в лабораторных условиях также соответствует спектру насыщения Филлипса, что говорит о сильной нелинейности волнения. При этом высокочастотная часть временного спектра определяется дисперсионным соотношением, но, в отличие от натуральных условий, не для гравитационных волн на глубокой воде, а для связанных волн – линейной дисперсионной зависимостью с постоянной фазовой скоростью, близкой по значению к фазовой скорости энергонесущей волны. Сопоставление полученных значений константы Филлипса в зависимости от возраста волнения в натуральных и лабораторных экспериментах позволило уточнить известные результаты других авторов.

Глава 3 посвящена сравнению экспериментальных данных и результатов расчета с применением известных слабо-нелинейных моделей. Показано, что применение предложенной параметризации зависимости коэффициента C_D от скорости ветра значительно улучшает соответствие результатов расчета высоты волн с использованием спектральной модели WAVEWATCH III и экспериментальных данных. Здесь также проверялось, насколько квазилинейная модель турбулентного пограничного слоя над взволнованной водной поверхностью применима в условиях сильно-нелинейных волн. Автор демонстрирует, что квазилинейная модель вполне корректно описывает средний профиль скорости ветра в том числе и над сильно-нелинейными крутыми волнами.

В *Заключении* сформулированы основные результаты, полученные в ходе выполнения диссертационной работы.

Результаты, полученные в работе, позволяют утверждать, что достаточно простые слабо-нелинейные модели ветрового волнения и атмосферного турбулентного пограничного слоя применимы также и для оценки средних характеристик в случае сильно-нелинейных волн, наблюдаемых в условиях коротких разгонов, характерных

для внутренних водоемов и прибрежной зоны морей и океанов. Украшением результативной части несомненно следует считать новую (уточненную) параметризацию зависимости коэффициента аэродинамического сопротивления водной поверхности от скорости ветра. Кроме того, в работе показано, что механизм насыщения Филлипса определяет асимптотику пространственного спектра ветрового волнения « k^{-3} », в то время как наклон высокочастотной части частотного спектра может отличаться от общепринятого « ω^{-5} ».

Научные положения и выводы диссертации обоснованы. Они базируются на сопоставлении результатов большой серии натурных измерений в широком диапазоне метеоусловий и высокоточных лабораторных измерений, а также их сравнении с результатами численного моделирования и результатами других известных исследований. Значимость и научная новизна результатов, полученных Г.А.Байдаковым, подтверждаются публикациями в ведущих научных журналах (Journal of Geophysical Research, Nonlinear Processes in Geophysics, Известия РАН ФАО и др.).

Высоко оценивая диссертационную работу в целом, отметим несколько недостатков:

1. Научная новизна, п.1. Схему расположения датчиков ветра, основным элементом которой является подвижный нижний сенсор, отслеживающий положение поверхности воды, едва ли можно назвать новой (см., например, [Мельникова и др. 1995, ФАО №4]). Впрочем, если иметь в виду систематические исследования, то можно утверждать, что автор диссертации принимал участие в пионерских работах.
2. Научная новизна, п.2. Весьма неудачная формулировка. Дело в том, что немонотонный характер зависимости коэффициента аэродинамического сопротивления от скорости ветра, вообще говоря, известен (например, упоминаемая в диссертационной работе океаническая параметризация COARE 3.0). В работе следовало бы дать физическую интерпретацию немонотонного характера этой зависимости. Тем более, что уточненная зависимость выносится в защищаемые положения.
3. В целом неплохое оформление диссертационной работы носит явные следы поспешности. Приведем ряд примеров. 1) повторение фрагментов текста (см. Стр. 14 и 23, абзац начинающийся словами «Метод (профилирования)

использует...»), 2) в разделе 1.2 упоминаемые в тексте населенные пункты и объекты не показаны на карте (снимке Google Earth), 3) система маркеров на Рис. 1.7, 1.8, 1.9 и др. плохо читается (знаки трудно различимы) или рисунки недостаточного качества, 4) встречаются опечатки и описки (например, Стр. 22, 4-я строка вместо «путем умножения» следовало бы написать «путем деления»), 5) многочисленные аппроксимации спектров степенными законами в разделе 2.5 следовало бы снабдить оценкой доверительных интервалов для показателей степени, 6) остается загадкой, для чего в экспериментальном бассейне создавалась устойчивая стратификация, о чем заявлено на Стр. 46, 7) список литературы не отсортирован в алфавитном порядке.

Отдельные недостатки, отмеченные выше, не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы и профессиональных качеств соискателя. Диссертация является законченным научно-исследовательским трудом, выполненным автором самостоятельно на высоком научном уровне.

Полученные в диссертационной работе результаты могут быть использованы при численном моделировании и в натурных исследованиях ветрового волнения в условиях коротких разгонов (на внутренних водоемах или в прибрежной зоне) в ФГБУН Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, ФГБОУВО МГУ им. М.В. Ломоносова, ФГБУН Морской гидрофизический институт РАН, ФГБУН Институт теоретической физики им. Л.Д. Ландау РАН, ФГБУН Институт водных проблем севера КарНЦ РАН; в рамках натурных и лабораторных измерений и теоретического моделирования приводного турбулентного пограничного слоя в ФГБУН Институт физики атмосферы РАН, ФГБУН Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН; для восстановления параметров поверхностного волнения по данным спутниковой и наземной радиолокации в ФГБУН Институт космических исследований РАН, ФГБНУ Институт прикладной физики РАН; а также в других организациях, ведущих исследования и практические разработки в области прогноза ветро-волновой обстановки с целью снижения рисков морской деятельности и деятельности на внутренних водоемах, рационального природопользования и т.п.

Автореферат правильно отражает содержание диссертации и дает достаточно полное представление об использованных методах и подходах, актуальности, новизне и

значимости работы, а также личном вкладе автора. Работа соответствует паспорту специальности 25.00.29 – физика атмосферы и гидросферы.

По научному уровню проведенных исследований, актуальности исследуемых вопросов и ценности полученных результатов диссертационная работа Г.А. Байдакова полностью удовлетворяет требованиям, предъявляемым Высшей аттестационной комиссией Российской Федерации к кандидатским диссертациям. Ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.29 – физика атмосферы и гидросферы.

Работа заслушана и обсуждена на семинаре отделения геофизики физического факультета МГУ 25 мая 2016 г. Отзыв одобрен на заседании Ученого совета отделения геофизики 01 июня 2016 г. (протокол № 4).

Отзыв составил:

Заведующий отделением геофизики физического факультета МГУ, профессор кафедры физики моря и вод суши физического факультета МГУ, доцент, доктор физ.-мат. наук

Михаил Александрович Носов

« 01 » 06.2016

Телефон: 8 (495) 939 3698, **E-Mail:** m.a.nosov@mail.ru

Секретарь Ученого совета отделения геофизики физического факультета МГУ, доцент кафедры физики атмосферы физического факультета МГУ, кандидат физ.-мат. наук

Елена Станиславовна Андреева

« 1 » июня 2016г.

Телефон: 8 (495) 939 2089, **E-Mail:** es_andreeva@mail.ru

Адрес:

119991, ГСП-1, Москва

Ленинские горы, Дом 1, строение 2,

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова», физический факультет