

Отзыв научного руководителя

о диссертации **Георгия Алексеевича Байдакова**

«ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВЕТРОВОГО ПОТОКА И ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОЛН НА КОРОТКИХ РАЗГОНАХ»,

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

Исследования, лежащие в основе диссертационной работы Г.А. Байдакова, связаны с решением проблем взаимодействия атмосферы и гидросферы в условиях коротких разгонов типичных для внутренних водоемов средних размеров. Актуальность подобных исследований не вызывает сомнения. Она связана с решением проблем эрозии берегов, безопасности речного судоходства, исследованием состояния окружающей среды и микроклимата прилегающих рекреационных зон и т.п. Особенностью коротких разгоном является большая крутизна поверхностных волн, приводящая к проявлению нелинейных эффектов как в поле поверхностных волн, так и в особенностях обтекания взволнованной поверхности воздушным потоком. В то же время, современные модели прогноза ветра и волнения, строго говоря, применимы только для слабо-нелинейных процессов. Это относится как к описанию ветрового волнения в рамках теории слабой турбулентности, так и к квазилинейной модели ветрового пограничного слоя над взволнованной водной поверхностью. Фокус настоящей работы нацелен на выяснение условий применимости таких "слабо-нелинейных" моделей для описания "сильно-нелинейных" волн, типичных для коротких разгонов внутренних водоемов, а также сверхкоротких разгонов в лабораторных условиях.

В связи с этим перед Г.А. Байдаковым стояли задачи: 1) разработки методик и средств получения качественных экспериментальных данных о состоянии приводного слоя ветра и поверхностного волнения, 2) проведения серии натурных измерений приводного ветра и поверхностного волнения в условиях внутреннего водоема, а также в лабораторных условиях, 3) проверки применимости квазилинейной модели приводного пограничного слоя над взволнованной поверхностью на основе натурных и лабораторных данных. Решение сложных экспериментальных задач потребовало от автора разработки новых методик измерения параметров ветра и волн, применимых для измерений в условиях внутреннего водоема, освоения и применения современных алгоритмов обработки больших массивов данных, получаемых в эксперименте, а также обобщения и интерпретации полученных экспериментальных данных.

Центральная физическая задача, которая решалась в диссертации Г.А. Байдакова, была связана с изучением особенностей аэродинамического сопротивления поверхности воды и характера волнения в условиях внутреннего водоема. Особенностью приводного пограничного слоя над внутренним водоемом является сильное влияние берега. Следствием этого является малая толщина приводного пограничного слоя, приспособленного к поверхностному волнению и

определяющего его развитие. Это обусловило особенности методики профилирования скорости ветра, при которой один из сенсоров размещался на расстоянии менее 10 см от взволнованной поверхности и отслеживал ее колебания. Остальные сенсоры размещались на большей высоте – на мачте, неподвижность которой обеспечивалась за счет использования вехи Фруда. Использование ультразвуковых анемометров позволило проводить надежные измерения слабых ветров со скоростью менее 1 м/с. Такая схема измерения позволяла проводить измерения в логарифмической области пограничного слоя даже при условиях слабых ветров, что позволило значительно снизить погрешности измерений. На основании измерений, проведенных Г.А. Байдаковым в 2012-2015 годах на акватории Горьковского водохранилища на р. Волга, получена параметризация коэффициента аэродинамического сопротивления, учитывающая его немонотонную зависимость от скорости ветра. Применение этой параметризации в модели прогноза поверхностного волнения WAVEWATCH 3 позволило заметно улучшить точность предсказания высоты волнения в условиях Горьковского водохранилища.

Для изучения спектров поверхностного волнения Г.А. Байдаковым был реализован способ, основанный на измерении возвышения поверхности воды антенной, состоящей из трех близко расположенных сенсоров, и последующем анализе фазовых соотношений комплексных гармоник спектра Фурье. Применение этого метода позволило определить 3-х мерный спектр волнения по частотам и волновым векторам как в натуральных, так и в лабораторных условиях. Здесь хотелось бы отметить интересную закономерность, обнаруженную Г.А. Байдаковым. Оказалось, что коротковолновая асимптотика спектра по волновым числам как в натуральных, так и в лабораторных условиях соответствует спектру насыщения Филлипса. При этом асимптотики частотных спектров в натуральных и лабораторных условиях различались и приблизительно соответствовали дисперсионным соотношениям: свободных гравитационных волн в натуральных условиях и связанных волн в лабораторных условиях. Это позволило сделать вывод о нелинейном характере поверхностных волн, для которых основным механизмом диссипации является нелинейное ограничение амплитуды за счет обрушения.

Заметную часть в работе Г.А. Байдакова занимает сопоставление данных натурального и лабораторного эксперимента с предсказаниями квазилинейной модели ветрового пограничного слоя над взволнованной поверхностью. Модель является "квазилинейной" в том смысле, который это понятие имеет в физике плазмы, а именно, волновые возмущения рассматриваются в рамках линейного приближения, а единственным нелинейным эффектом, который принимается во внимание, является деформация профиля средней скорости воздушного потока. Полученный Г.А. Байдаковым экспериментальный материал (профиль скорости ветра и трехмерный спектр волнения) позволил провести прямую проверку применимости квазилинейной модели. Полученное хорошее согласие предсказания модели с результатами эксперимента дает возможность утверждать, что эта простая модель хорошо воспроизводит средние характеристики

воздушного потока над взволнованной поверхностью воды даже для случая крутых волн, когда для мгновенных его реализаций можно ожидать наличия таких сильно нелинейных эффектов, как отрыв потока от гребней волн. Это дает возможность утверждать, что в пределах экспериментальной точности для определения шероховатости морской поверхности достаточно знания простой измеряемой характеристики – спектра поверхностных волн.

Следует отметить, что Г.А. Байдаков прекрасно владеет современными методами автоматизации эксперимента и обработки данных. В частности, им было разработано программное обеспечение для обработки данных натуральных экспериментов, которое позволило провести обработку больших объемов экспериментальных данных по измерению параметров ветра и волнения, позволивших получить статистически достоверные данные о параметрах пограничного слоя атмосферы над водной поверхностью в условиях внутреннего водоема.

В заключение я могу отметить, что Г.А. Байдаков за время работы над темами, ставшими предметом этой кандидатской диссертации, вырос в самостоятельного научного работника, владеющего современными методами натурального экспериментального исследования процессов в атмосфере и гидросфере. Он успешно и плодотворно работает с теоретиками во время обсуждения результатов численных экспериментов по моделированию волнения во внутреннем водоеме. Подготовленная Г.А. Байдаковым диссертация, представленная на соискание ученой степени физико-математических наук, является законченной научной работой, подводящей итог исследований, которыми он занимался последние пять лет. Основные результаты опубликованы в реферируемых российских и международных журналах, входящих в базу данных WOS, и доложены на всероссийских и международных конференциях. Диссертационная работа и автореферат удовлетворяют всем требованиям ВАК. На мой взгляд, Георгий Алексеевич Байдаков, безусловно, заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата физ.-мат.наук по специальности 25.00.29 – физика атмосферы и гидросферы.

Научный руководитель

08.04.2016.

Троицкая Юлия Игоревна, доктор физ.-мат.наук
Зав отделом нелинейных волновых процессов
Института прикладной физики РАН
603950, г. Нижний Новгород. ГСП - 120, ул. Ульянова, 46.
+7(831)436-82-97; yuliya@hydro.appl.sci-nnov.ru

Ю.И.Троицкая

Подпись сотрудницы ИПФ РАН Ю.И.Троицкой удостоверяю

Ученый секретарь ИПФ РАН

кандидат физ.-мат.наук



И. В. Корюкин