

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Даниличевой Ольги Аркадьевны
«Исследование особенностей эволюции плёночных slickов в поле ветрового
волнения и их проявлений при радиолокационном и мультиспектральном
зондировании морской поверхности»,
представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических
наук по специальности 1.6.17. Океанология.

Актуальность диссертационной работы Даниличевой О.А. обусловлена необходимостью дистанционного контроля загрязнений водоемов, проявляющихся в виде поверхностных пленок различной толщины, а также дистанционного контроля экологического состояния водоемов, в особенности эвтрофированных, характеризующихся наличием биогенных пленок. На сегодняшний день нет ясности в проблемах дистанционной идентификации пленок с различением их характера (биогенные или антропогенные), оценке толщины пленок, прогнозе их распространения., Рассматриваемая работа нацелена на решение этих задач, и потому её результаты имеют очевидную **практическую ценность**. Области водоёмов, покрытые пленками, проявляются при дистанционном зондировании океана благодаря затуханию в них ветровых волн гравитационно-капиллярного диапазона. В то же время волны этого диапазона формируют сигналы микроволновых радаров, и обеспечивают тем самым возможность наблюдения и диагностики пленок с помощью радаров. Вопросы о затухании волн в пленках, как и воздействия волн на сами пленки, а также задачи о формировании радиолокационного рассеяния в областях водоемов, покрытых пленками, остаются проблемами современной прикладной гидрофизики, требующими дальнейшей разработки. Это определяет **научно-техническую ценность** исследований, проведенных в представленной диссертации.

В работе получены следующие **новые научные результаты**:

- путем обобщения данных натурных экспериментов и теоретических построений предложена физическая модель растекания пленки, учитывающая воздействие на пленку коротких ветровых волн гравитационно-капиллярного диапазона, и объясняющая наблюдаемое вытягивание пленочных пятен вдоль направления ветра;
- выявлена связь концентрации хлорофилла с интенсивностью радиолокационного сигнала и показано, что она обусловлена затуханием гравитационной ряби на пленках биогенного происхождения, образующихся в акваториях с высокой концентрацией хлорофилла;

- выявлены различия между спектрами оптических контрастов антропогенных нефтяных и биогенных пленок, что открывает возможность разработки методов для различения вида пленок по данным мультиспектральных сенсоров;
- показано, что пленка на морской поверхности увеличивает разность доплеровских сдвигов радиолокационных сигналов на горизонтальной и вертикальной поляризациях.

Достоверность полученных в работе научных результатов основана на применении проверенных методов экспериментальных исследований, на соответствии теоретических результатов данным натурных экспериментов, на согласии физических трактовок результатов с общепризнанными представлениями. В пользу достоверности говорят публикации результатов диссертационной работы в рецензируемых журналах, и широкая апробация результатов на российских и международных конференциях.

В качестве **положительных особенностей** диссертации следует отметить обилие интересного экспериментального материала, полученного в специальных натурных, лабораторных и подспутниковых экспериментах, и непротиворечивую физическую трактовку этих данных. Особого упоминания заслуживает комплексное мультидисциплинарное исследование биогенных пленок, при котором были получены результаты, исключительно важные для спутникового мониторинга экологического состояния водоёмов. Необходимо также отметить трудолюбие автора и её личный вклад в получение, обработку и интерпретацию научных материалов. Например, довольно ожидаем тот факт, что смещения контрастных структур, наблюдаемых на спутниковых изображениях, не вполне отражают реальную картину течений в водоёмах. Однако метод оценки течений с помощью корреляции фрагментов двух изображений повсеместно используется. В связи с этим соискательница выполнила титаническую работу, чтобы вскрыть ошибки этого метода и их природу.

Выполненная работа заслуживает высокой **общей оценки**. Автору удалось продвинуться, решая физически интересные и важные для практики задачи. Рукопись диссертации в должной мере иллюстрирована. В ней понятным образом представлен весьма большой объем выполненных автором работ и дано 98 ссылок на более ранние исследования. Результаты работы опубликованы и широко апробированы на представительных конференциях. Автореферат правильно передает содержание рукописи диссертации.

Текст диссертации состоит из введения, четырех глав и заключения с выводами. Введение имеет стандартную структуру и включает обоснование актуальности работы, её практической и научной значимости, представляет положения, выносимые на защиту, а также содержит все другие обязательные подразделы, определенные процедурой защиты.

Глава 1 посвящена исследованию процесса распространения пленок в условиях ветрового волнения и воздействия на пленки гравитационно-капиллярных волн. Рассмотрены спутниковые наблюдения пленок, описаны специальные эксперименты на Горьковском водохранилище с искусственным разливом пленок и наблюдением их эволюции с помощью оконтуривания со шлюпки с использованием GPS. Представлены лабораторные эксперименты, в которых, в частности, были измерены изменения коэффициента поверхностного натяжения по мере удаления от границы пленки, на которую набегают гравитационно-капиллярные волны.

В этой же главе представлена теория взаимодействия пленки и гравитационно-капиллярной ряби, учитывающая также и механическое воздействие ряби на пленку. На основе проведенных натуральных и лабораторных экспериментов была разработана модель растекания плёночных разливов на морской поверхности, учитывающая влияние на деформацию плёнки ветровых волн, распространяющихся в область разлива.

В Главе 2 приведено исследование геометрии сложных сликовых структур на поверхности моря, проявляющихся на спутниковых радиолокационных изображениях в виде темных нитевидных полос и ассоциирующихся с биогенными плёнками, и их взаимосвязь с полями поверхностных течений в данной области. Показано, что оценки скоростей течений по спутниковым наблюдениям пленок, выполненные корреляционным методом, могут иметь большие ошибки. Предложен подход, чтобы их избежать.

Глава 3 посвящена комплексному исследованию связи концентрации фитопланктона и интенсивности обратного радиолокационного рассеяния поверхности водоёмов. На основе спутниковых мультиспектральных изображений исследован спектр контрастов в оптическом диапазоне для толстых биогенных плёнок, которые регулярно наблюдаются в областях повышенной концентрации фитопланктона, и плёнок поверхностно-активных веществ, которые часто используются в натуральных экспериментах. Продемонстрированы характерные особенности проявления толстых биогенных плёнок и плёнок ПАВ на мультиспектральных изображениях, в частности в коротковолновом инфракрасном диапазоне.

Глава 4 посвящена исследованию особенностей радиолокационного рассеяния взволнованной морской поверхности, порожденных присутствием пленки. Исследование выполнено с океанографической платформы МГИ РАН в Черном море вблизи поселка Кацевели, где проводился разлив искусственных пленок. В результате возникла возможность сравнить радиолокационные сигналы для областей пленки и чистой воды. Получено, что разность доплеровских сдвигов между сигналами на вертикальной и горизонтальной поляризациях увеличивается в области пленки. Предложено объяснение этого результата.

Замечания, вопросы, рекомендации на будущее

- К сожалению, интереснейшие лабораторные эксперименты по воздействию волн на пленку описаны очень сжато и недостаточно аккуратно. Рис. 1.10 непонятен и бесполезен из-за того, что на нем не указаны координатные оси, а в тексте отсутствуют соответствующие пояснения. На рис. 1.8 (снизу) кроме траекторий частиц, показанных цветными символами, видны также светлые упорядоченные структуры. Возникает законный вопрос, что это. Отсутствие детальных пояснений вводит читателя в заблуждение и ухудшает восприятие результатов.

- Теоретический подраздел 1.5 имеет фундаментальное значение для трактовки экспериментов и, главное, для последующей формулировки физической модели растекания пленочного пятна под воздействием гравитационно-капиллярной ряби. Однако изложение здесь крайне сжатое и формальное, оставляющее вопросы по физическому смыслу различных членов и выражений. Автор ссылается на слабо известную диссертацию [36], откуда следуют приведенные выражения. Но в данной диссертационной работе уместно было бы провести традиционное представление теории с формулировкой задачи (что задано, что надо найти), указанием, как сделан вывод, пояснением смысла комбинаций параметров. Кроме того неясно, откуда возникли свободные параметры теории «альфа» и «бета». Как они были выбраны в проведенных теоретических расчетах?

- Рукопись имеет следующую странность. В подразделе о целях работы заявлено «анализ затухания волн при прохождении дрейфующего льда по радиолокационным данным и описание обратного радиолокационного рассеяния от морской поверхности в присутствии льда». Однако далее до конца рукописи об этом ничего не говорится. Случайно потерялся фрагмент рукописи?

- Касательно экспериментов на океанографической платформе в Черном море, хотелось бы обратить внимание соискательницы на то, что Морской гидрофизический институт РАН в летне-осенние периоды выполняет с платформы непрерывные волнографические измерения. Использование этих данных, т.е. спектров ветровых волн, позволили бы усилить полученные в работе выводы анализом доплеровских сдвигов на количественном уровне, как это сделано для случая Ka-диапазона в статье [Yurovsky et al., IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2018], где рассмотрены вопросы весьма близкие к представленным в параграфе 4.4.

- При чтении рукописи некоторое раздражение вызывает часто встречающаяся несогласованность слов и их окончаний в предложениях, пропуск слов и предлогов. Такие ошибки встречаются даже в подписях к рисункам, где

часто опускаются слова «в зависимости» и пишется просто «Полученные данные от времени измерений» (см. подпись к рис. 3.3, как пример).

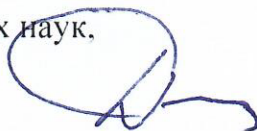
Перечисленные замечания не имеют принципиального характера и не нарушают общей положительной оценки диссертационной работы. Работа очень интересна, а полученные результаты важны и физически непротиворечивы. Обсуждаемая рукопись очень хорошо структурирована и легко читается.

Заключение по диссертационной работе

Считаю, что диссертационная работа «Исследование особенностей эволюции плёночных сликов в поле ветрового волнения и их проявлений при радиолокационном и мультиспектральном зондировании морской поверхности» удовлетворяет всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Даниличева Ольга Аркадьевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.6.17. Океанология.

Я, Дулов Владимир Александрович, даю согласие на обработку моих персональных данных, связанную с защитой диссертации.

Официальный оппонент
главный научный сотрудник
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Федеральный исследовательский центр
«Морской гидрофизический институт РАН»,
(299011, г. Севастополь, ул. Капитанская 2)
+79780078496, dulov@mhi-ras.ru,
доктор физико-математических наук,



Дулов Владимир Александрович

19 сентября 2024 г.

Подпись Дулова Владимира Александровича заверяю

Ученый секретарь
ФГБУН ФИЦ МГИ,

кандидат физико-математических наук

20 сентября 2024 г.



Д.В. Алексеев