

Утверждаю

Директор Федерального государственного бюджетного учреждения науки

Института космических исследований РАН

член-корреспондент РАН Петрукович А.А.



25.08.2022 г.

Отзыв

ведущей организации на диссертацию О.В. Шоминой

**«Исследование механизмов изменчивости коротких ветровых волн и геометрии
сликовых структур в приложении к проблеме радиолокационного зондирования
морской поверхности»,**

представленную на соискание ученой степени

кандидата физико-математических наук по специальности

25.00.29 – физика атмосферы и гидросферы

Диссертация Шоминой О.В. посвящена развитию радиолокационных методов дистанционного зондирования сликов на поверхности океана; тема работы связана с необходимостью развития способов оперативного мониторинга загрязняющих сликов поверхностно-активных веществ на морской поверхности для своевременного принятия мер по ликвидации опасных загрязнений. В связи с постоянно растущей антропогенной нагрузкой на воды Мирового океана и регулярно возникающими катастрофическими разливами загрязняющих поверхностно-активных веществ в последние десятилетия актуальность проблемы не вызывает сомнений.

Целями диссертации О.В. Шоминой являются исследование изменчивости характеристик ветрового волнения в присутствии поверхностно-активных веществ, изучение отображения этих характеристик в радиолокационных сигналах, рассеянных водной поверхностью, и развитие методов корректной интерпретации радиолокационных панорам, содержащих изображения сликовых структур на морской поверхности. Диссертация предлагает комплексный подход к решению поставленных проблем, в частности, исследуются механизмы формирования ветрового волнения в условиях интенсивных обрушений, анализируются характеристики радиолокационных сигналов в пленочных сликах, наблюдаемых в натуральных условиях, а также описываются особенности распространения поверхностно-активного вещества в присутствии неоднородных течений.

В рамках данной диссертационной работы были получены следующие **результаты**:

1. На основе проведенных систематических экспериментов по радиолокационному зондированию сликов, связанных с высокоупругими пленками поверхностно-активных веществ, показано, что в условиях умеренных скоростей ветра контрасты брэгговской компоненты рассеяния в S-/C-/X-диапазонах микроволн при умеренных углах падения излучения растут с уменьшением длины микроволн при зондировании параллельно скорости ветра и уменьшаются в перпендикулярном направлении. Контраст неполяризованной компоненты увеличивается с ростом волнового числа для всех направлений зондирования, оставаясь сравнимым по порядку величины с контрастом брэгговской компоненты.
2. Развита лабораторный метод исследования затухания гравитационно-капиллярных волн на поверхности турбулизованной жидкости, основанный на одновременной генерации поверхностных волн и турбулентности в вертикально осциллирующей кювете. Метод оптимизирован в части выбора режимов параметрического возбуждения волн, что позволило существенно повысить точность определения коэффициента затухания последних. Показано, что развитый метод может характеризоваться, как наиболее достоверный и точный по сравнению с известными из литературы.
3. С использованием параметрического метода в условиях контролируемого лабораторного эксперимента исследовано затухание поверхностных волн на турбулентности. Получены зависимости коэффициентов затухания гравитационно-капиллярных волн и вихревой вязкости от частоты волны, и для сопоставимых масштабов турбулентности и длины волны впервые выявлено существование максимума вихревой вязкости как функции длины волны, показано, что величина вихревой вязкости пропорциональна среднеквадратичной скорости турбулентных пульсаций.
4. На основе теоретического анализа особенностей линий тока приповерхностного течения, связанного с осесимметричным спиральным вихрем и постоянным ветровым дрейфом, показано, что присутствие поверхностного дрейфа, меньшего максимума скорости в вихре, приводит к образованию двух критических точек линий тока. Первая, являющаяся узлом или фокусом и расположенная внутри ядра вихря, является устойчивой, если дивергенция двумерного поля скорости в этой критической точке отрицательна, и неустойчивой, если положительна. Вторая особая точка, локализованная вне ядра вихря, является седлом. Такое поведение линий тока качественно согласуется с особенностями геометрии сликовых структур, наблюдаемых на спутниковых изображениях морской поверхности.
5. Аналитически и численно показано, что в присутствии однородного поверхностного ветрового дрейфа центры морского вихря и спирального слика, формируемого от точечного источника, могут быть разнесены на расстояние, сравнимое с радиусом ядра вихря; для

заданных характеристик вихря продемонстрировано существование максимальной величины скорости дрейфа, при которой возможно формирование спиральной структуры, при этом ее геометрия сильно зависит от положения источника ПАВ относительно центра вихря и скорости поверхностного дрейфового течения.

Диссертация состоит из Введения, трех глав и Заключения. Объем составляет 113 страниц, включая список цитированной литературы.

В первой главе описан современный подход к интерпретации радиолокационных сигналов, рассеянных морской поверхностью. Поскольку радиолокационный сигнал на умеренных углах падения излучения обусловлен рассеянием на элементах морской поверхности различного типа, обосновывается важность использования поляризационных средств радиолокации и последующее выделение брэгговской и неполяризованной компонент рассеяния. Описанный подход использовался в диссертационной работе при интерпретации результатов натуральных экспериментов, посвященных наблюдению радиолокационных сигналов в модельных сликах на морской поверхности. Описанные эксперименты могут характеризоваться как систематические, охватывают случаи различных скоростей ветра и различных азимутальных углов зондирования. Результаты зондирования сликов в направлении поперек ветра при умеренных и свежих ветрах свидетельствуют о необходимости учета иных, не описанных существующими моделями спектральных контрастов, механизмов гашения поверхностных волн.

Вторая глава посвящена исследованию одного из таких возможных механизмов – влиянию приповерхностной турбулентности. Локализованные области интенсивной турбулентности – корабельные следы – повсеместно встречаются на радиолокационных изображениях морской поверхности в виде областей пониженной интенсивности волнения, что свидетельствует о влиянии интенсивной турбулентности на гашение поверхностных волн. Влияние естественной морской турбулентности верхнего слоя, обусловленное ветровым воздействием и опрокидыванием гребней волн, до сих пор не рассматривалось применительно к задачам формирования спектра ветрового волнения. Обзор литературных источников, посвященных исследованию эффекта гашения волн турбулентностью, выявил сложности количественного описания затухания волн на турбулентности сопоставимого с длиной волны масштаба. Для решения этой проблемы, имеющей непосредственное отношение к задаче радиолокационного зондирования океана, и исследования затухания волн на турбулентности было предложено применение развитого лабораторного метода параметрического возбуждения волн. Обоснованы преимущества этого метода по сравнению с известными из литературы, а представленные результаты свидетельствуют о его высокой точности. Результаты эксперимента были описаны полуэмпирически и использовались для

развития модели спектральных контрастов – развитая с учетом характерных масштабов и скоростей турбулентности верхнего слоя модель показала существенно более хорошее соответствие экспериментальным данным радиолокационных контрастов из первой главы.

Третья глава диссертации освещает иной аспект дистанционного зондирования сликов – исследование их формы. В тематической литературе часто морфология сликов ассоциируется с влиянием приповерхностных неоднородных течений, по наличию спиральных сликов обычно судят о присутствии в акватории морских вихрей. Результаты, описанные в рамках этой главы, свидетельствуют о проблеме традиционного подхода к интерпретации таких сликовых структур. По итогам численного моделирования и аналитического описания элементарной модели поля течений верхнего слоя продемонстрирована сложная связь между характеристиками вихрей и спиральных структур. Исследования такого типа новы для литературы, а полученные результаты открывают возможности для дальнейшего исследования методов корректной интерпретации спиральных сликовых структур на морской поверхности.

В качестве **замечаний** можно отметить следующее. Заключение диссертации составлено излишне формально и, по сути, содержит лишь перечень основных полученных результатов. Следовало бы еще раз указать, что в работе поставлен и решен ряд актуальных задач, описанных во введении. В этом случае перечисление основных результатов смотрелось бы более логичным заключительным звеном.

Сделанное замечание, однако, не снижает ценности диссертационной работы.


Диссертация О.В. Шоминой является завершенным трудом, ее тема актуальна, а полученные результаты новы и оригинальны. Достоверность, научные положения и выводы обоснованы и убедительны. Работа обсуждалась на семинаре Института космических исследований РАН. Основные результаты могут быть успешно использованы при анализе фундаментальных аспектов дистанционного зондирования морской поверхности в Институте космических исследований РАН. Содержание диссертации соответствует специальности 25.00.29 – Физика атмосферы и гидросферы – и может классифицироваться как решение научной проблемы, имеющей важной социально-экономическое и народно-хозяйственное значение. Основные научные результаты работы опубликованы в ведущих отечественных и международных журналах, представлялись на международных и российских конференциях и семинарах. Автореферат правильно отражает содержание диссертации, а сама работа удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Считаем, что автор диссертационной работы, Ольга Владимировна Шомина, является высококвалифицированным специалистом и, без сомнения, заслуживает присуждения ей

ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности – 25.00.29
“Физика атмосферы и гидросферы”.

Отзыв составлен доктором физико-математических наук, заведующим отделом
«Исследования Земли из космоса» ИКИ РАН Ермаковым Дмитрием Михайловичем. Научная
специальность «Радиофизика», шифр специальности 01.04.03

Отзыв на диссертацию заслушан, обсужден и одобрен на заседании отдела 55 ИКИ РАН
«Исследование Земли из космоса», протокол № 2021-9 от « 28 » сентября 2021 г.

Заведующий отделом «Исследования Земли из космоса» ИКИ РАН,
доктор физико-математических наук  Д.М. Ермаков

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт космических исследований РАН (ИКИ РАН)
117997, г. Москва, ул. Профсоюзная, 84/32
+7(495) 333-52-12, факс +7(495) 333-12-48
e-mail: iki@cosmos.ru

Подпись Ермакова Дмитрия Михайловича удостоверяю

Ученый секретарь Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт
космических исследований РАН
кандидат физико-математических наук  А. М. Садовский

