



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук» (ИПФ РАН)

по диссертации Хазанова Григория Ефимовича «Исследование затухания гравитационно-капиллярных волн в океане в присутствии поверхностных пленок и фрагментированного льда» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по научной специальности: 1.6.17. Океанология.

Работа выполнена в Отделе радиофизических методов в гидрофизике (отд. 220) Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук».

Научный руководитель – Ермаков Станислав Александрович, заведующий отделом ИПФ РАН, доктор физико-математических наук.

В 2020 г. соискатель ученой степени окончил магистратуру в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования "Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского" по направлению подготовки/ специальности 03.04.02 Физика.

В период с 01.09.2020 по 31.08.2023 обучался в аспирантуре Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук».

Свидетельство об окончании аспирантуры № 105200 00000004 от 10 июля 2023 года.

В период подготовки диссертации соискатель Хазанов Григорий Ефимович работал стажером-исследователем отдела радиофизических методов в гидрофизике (отд. 220) в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук».

Личное участие аспиранта в получении результатов, изложенных в диссертации

Автор внес основополагающий вклад в получение результатов, представленных в диссертации. Постановка задач и анализ полученных результатов проводились совместно с научным руководителем С.А. Ермаковым.

Научная новизна и основные результаты диссертационного исследования

1. На основе анализа вихревой и потенциальной компонент ГКВ разработан новый подход к задаче затухания гравитационно-капиллярных волн при наличии пленок конечной толщины на поверхности воды. Показано, что вихревые компоненты могут быть формально описаны как “вынужденные” продольные волны (Марангони), которые “возбуждаются” потенциальной составляющей ГКВ. Выявлен резонансный характер распространения вынужденной ВМ, демонстрирующий, что наибольшие амплитуды “вынужденной” ВМ на данной частоте отвечают условию, когда волновые числа ГКВ и собственных продольных волн, которые могут существовать на упругих границах раздела пленка-вода и воздух – пленка, оказываются близкими по величине. При определенных значениях параметра упругости границ раздела, толщины и вязкости, возникает двойная резонансная зависимость коэффициента затухания ГКВ от волнового числа.

2. Показано, что зависимость коэффициента затухания ГКВ от толщины пленки носит резонансный характер и характеризуется значительным максимумом при толщинах пленки, сопоставимых с размером вязкого пограничного слоя в пленке. Показано, что зависимость коэффициента затухания от волнового числа ГКВ для толстой пленки с различной упругостью границ раздела заметно шире, чем для тонкой пленки.

3. В ходе лабораторного моделирования затухания волн на поверхности воды в присутствии сильно неоднородных по толщине пленок чистых ПАВ и пленок нефти, характеризующихся соответственно наличием круглых линз и сложной формы неоднородностей, показано, что коэффициент затухания ГКВ возрастает с ростом относительной площади линз. Предложено физическое объяснение этого эффекта в рамках модели “линз-стенок”, заключающееся в уменьшении площади поверхности тонкой пленки и соответствующем увеличении затухания волн из-за возрастания влияния границ линз. Введена “эффективная упругость” двухфазной пленки – тонкого слоя с линзовой фазой, которая заменяет двухфазную пленку эффективной мономолекулярной пленкой. Получена эмпирическая зависимость эффективной упругости от относительной площади линзовой фазы.

4. В ходе натуральных и лабораторных экспериментов исследована зависимость коэффициента затухания поверхностных волн от их частоты в присутствии имитаторов фрагментированного льда. Обнаружено, что коэффициент затухания характеризуется наличием локального максимума для волн с длинами порядка размеров “льдин”.

5. В ходе численного моделирования в среде OpenFOAM, решена задача взаимодействия тела и падающей на него волны, определена зависимость коэффициента затухания поверхностной волны от отношения размера льдины к длине волны. Результаты численного моделирования подтвердили, что коэффициент затухания имеет максимум для волн с длинами порядка масштаба льдин. Рассчитанные величины коэффициента затухания удовлетворительно согласуются с экспериментальными значениями. На основе численного анализа вращательных и вертикальных колебаний льдин, дана физическая интерпретация эффекта резонансного затухания волн на фрагментированном льду.

Степень достоверности результатов проведенных исследований

Высокая степень достоверности результатов проведенных исследований обеспечивается использованием надёжных физических моделей и применением теоретических методов, имеющих строгое математическое обоснование. Результаты тщательно сопоставлялись с лабораторными экспериментами и численным моделированием, а также с результатами, полученными ранее другими авторами. Результаты работы успешно представлены в передовых физических журналах и докладывались на ряде всероссийских и международных конференциях.

Практическая и теоретическая значимость результатов исследования

Результаты диссертационной работы углубляют понимание механизмов затухания гравитационно-капиллярных волн на поверхности воды в присутствии пленок ПАВ конечной толщины, неоднородных по толщине пленок и фрагментированного льда.

Полученные аналитические формулы для коэффициента затухания ГКВ на поверхности воды, покрытой слоем вязкой жидкости конечной толщины с упругими границами, могут иметь значение для разработки методов дистанционного зондирования для обнаружения разливов нефти и различения толстых и тонких пленок, в том числе биогенных. Коэффициент затухания для толстых пленок характеризуется более широкой зависимостью от волнового числа, чем для тонкой пленки. Эта функция потенциально может быть использована для задач различения пленок с различными значениями толщины, например, при измерении сигнала обратного рассеяния в пятнах (коэффициент определяется коэффициентом затухания).

Полученные в ходе экспериментального и численного моделирования зависимости затухания гравитационных волн от отношения длины волны к размеру тела, могут помочь в понимании физического механизма затухания, а также для дальнейшего развития методов корректной интерпретации спутниковых изображений морской поверхности покрытой несплоченным льдом.

Список работ, опубликованных в журналах из Перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук

1. Ermakov S.A., Khazanov G.E., Resonance damping of gravity–capillary waves on water covered with a visco-elastic film of finite thickness: A reappraisal. — *Physics of Fluids*, 2022, vol. Volume 34, № 9, P. 10.1063/5.0103110
2. Хазанов Г.Е., Ермаков С.А., Доброхотов В.А., Лещев Г.В., Купаев А.В., Даниличева О.А., Исследование затухания гравитационных волн на фрагментированном льду. — «Современные Проблемы Дистанционного Зондирования Земли из Космоса», Т. 20, №1, с. 229-241, 2023.
3. Khazanov G.E., Ermakov S.A., Vostryakova D.V., Dobrokhoto V.A., Lazareva T.N., Damping of Gravity Waves Due to Ice Floes. Wave Tank Study and Numerical Modeling.

— IGARSS 2022 - 2022 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2022, vol. 1, P. 3908–3910

4. Khazanov G. E., Ermakov S. A., DobrokhotoV V.A., Vostryakova, D.V., Lazareva T.N., Wave tank modeling of the damping of gravity waves due to ice floes in application to ocean remote sensing. — SPIE Proc., 2021, vol. Volume 11857, P. 8.

5. G. E. Khazanov, S. A. Ermakov, Elastic properties of inhomogeneous surfactant films in application to ocean remote sensing. — SPIE Proc., 2021, vol. Volume 11857, P. 6.

Работа аспиранта представляет высокую научную ценность. Материалы диссертации в работах, опубликованных соискателем ученой степени, изложены полно. Ссылки на отдельные результаты, в том числе работы, выполненные аспирантом в соавторстве, оформлены корректно.

Научная специальность, которой соответствует диссертация: 1.6.17. Океанология.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Диссертация соответствует критериям, установленным в соответствии с Федеральным законом Российской Федерации от 23 августа 1996 года № 127-ФЗ "О науке и государственной научно-технической политике".

Диссертация «Исследование затухания гравитационно-капиллярных волн в океане в присутствии поверхностных пленок и фрагментированного льда» Хазанова Григория Ефимовича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по научной специальности: 1.6.17. Океанология.

Настоящее заключение составлено на основании решения Ученого совета отделения геофизических исследований по проведению итоговой аттестации по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности: 1.6.17. Океанология.

Присутствовало на заседании 16 чел.

Результаты голосования: «за» — 16 чел., «против» — 0 чел., «воздержалось» — 0 чел.
протокол № 4 от « 27 » июня 2023 г.



Шаталина Мария Викторовна,
кандидат физико-математических наук,
Учёный секретарь отделения геофизических
исследований, н.с. отд. 260