

Institute for Atmospheric and Earth System Research

05.04.2018

ОТЗЫВ

на диссертацию Голубкина Павла Андреевича на тему: «Особенности ветрового волнения в экстремальных условиях по данным спутниковых альтиметров и моделирования», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.28-Океанология

В диссертационной работе П.А. Голубкина исследуется ветровое волнение в экстремальных условиях, к которым в работе относятся случаи генерации волн штормовыми и ураганскими ветрами при прохождении тропических и полярных циклонов, а также развития волн в отдаленных труднодоступных районах арктических морей. Работа основывается на данных спутниковых измерений и моделировании. Выбранное направление работы актуально. Высоты ветровых волн, генерируемых экстремальными циклоническими образованиями, могут достигать аномально больших значений и представлять серьезную опасность судам, прибрежной и береговой инфраструктуре. Сокращение ледяного покрова в Арктике ведет к увеличению доступного для волн разгона, в результате чего высоты волн в таких морях, как Карское, Лаптевых, Восточно-Сибирское могут существенно вырасти, что в условиях климатических изменений и активно развивающейся хозяйственной деятельности в регионе также несет определенную опасность. В настоящее время, генерация волн в подобных экстремальных условиях изучена недостаточно, что отчасти обусловлено отсутствием необходимых данных. Проведение судовых измерений в условиях открытого океана при сильных ветрах практически невозможно, а измерения с помощью волнографических буев в основном ограничены прибрежными зонами. Таким образом, районы формирования и распространения тропических и полярных циклонов, а также арктические моря практически не охвачены волновыми измерениями. Единственным источником регулярной информации о поверхностных волнах в подобных экстремальных условиях являются данные спутниковых измерений, которые активно используются в диссертации. Совместное использование данных спутниковых измерений и полуэмпирических моделей позволило создать «простой» инструмент предсказания высот и длин волн, генерируемых движущимися экстремальными атмосферными образованиями. Эти результаты могут быть эффективно использованы в системах раннего предупреждения об опасных явлениях, что также подтверждает актуальность работы.

Автором создана база высот волн, восстановленных по измерениям спутниковых альтиметров в тропических циклонах, на основе которой исследован эффект захвата волн движущимся циклоном, разработана упрощенная модель, способная его воспроизводить, а также установлены количественные взаимосвязи характеристик ветровых волн с параметрами генерирующих их циклонов. Разработанная модель была применена и для большого массива наблюдаемых полярных циклонов, в результате чего было получено пространственное распределение волн, генерируемых полярными циклонами, а также

HELSINGIN YLIOPISTO
HELSINGFORS UNIVERSITET
UNIVERSITY OF HELSINKI

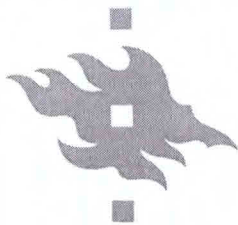
MATEMAATTIS-LUONNONTIETEELLINEN TIEDEKUNTA
MATEMATISK-NATURVETENSKAPLIGA FAKULTETEN
FACULTY OF SCIENCE

Fysiikan laitos, PL 64 (Gustaf Hällströmin katu 2), 00014 Helsingin yliopisto
Puhelin 02941 50600, faksi 02941 50610, www.helsinki.fi

Institutionen för fysik, PB 64 (Gustaf Hällströms gata 2), FI-00014 Helsingfors universitet
Telefon +358 2941 50600, fax +358 2941 50610, www.helsinki.fi

Department of Physics, P.O. Box 64 (Gustaf Hällströmin katu 2), FI-00014 University of Helsinki
Telephone +358 2941 50600, fax +358 2941 50610, www.helsinki.fi

09/2 - 107 06 06.06.18



оценена вероятность появления аномально высоких волн, представляющих угрозу инженерной инфраструктуре в районах активной добычи углеводородов.

Также автором собрана и проанализирована база спутниковых альтиметрических измерений в свободных ото льда областях арктических морей, предложен алгоритм коррекции скорости ветра на состояние поверхности моря и проведены расчеты высот волн в относительно небольших изолированных свободных ото льда районах.

Диссертационная работа содержит результаты, которые вносят существенный вклад в развитие исследований ветрового волнения в экстремальных условиях. Результаты имеют явное практическое применение, в частности, предложенная модель генерации волн движущимся циклоном требует минимальных вычислительных ресурсов и может быть эффективно использована в системах прогноза и раннего оповещения о появлении аномально высоких волн.

Все выносимые на защиту положения полностью раскрыты и обоснованы в диссертации. Достоверность полученных результатов определяется использованием в работе большого количества данных спутниковых измерений и сопоставлением с ними получаемых с помощью моделирования результатов.

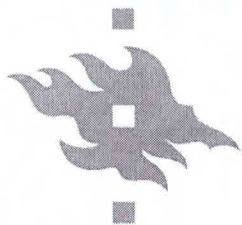
Работа хорошо представлена в публикациях, по ее результатам издано 10 печатных работ, из которых 5 в изданиях, индексируемых базой Web of Science Core Collection.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, списка литературных источников и заключения. В работе содержится 123 страницы текста.

Глава 1 посвящена описанию классической теории подобия для пространственного и временного развития ветрового волнения. Используя соображения теории подобия и уравнение энергетического баланса, выводится уравнение, описывающее эволюцию частоты спектрального пика и энергии волн, генерируемых движущимся полем ветра. Эта модель далее применена для расчета генерации волн полярными и тропическими циклонами.

В главе 2 описывается созданная база измерений спутниковых альтиметров в свободных ото льда областях морей восточной Арктики, анализируется чувствительность альтиметров, работающих в различных диапазонах, анализируется зависимость высот волн от площади, свободной ото льда. На основе классической модели УЭПР и модельных спектров волн разрабатывается алгоритм коррекции альтиметрических данных о скорости ветра в прибрежных районах на степень развития морского волнения. Полученное в главе 1 уравнение эволюции спектрального пика модифицируется для стационарных, но пространственно неоднородных условий, и на его основе проводятся и сопоставляются со спутниковыми данными расчеты высот волн для ряда отобранных случаев.

В главе 3 описывается созданная база измерений спутниковых альтиметров, проведенных при пересечении тропических циклонов, а также используемые данные о тропических циклонах и поле скорости ветра. Приведенные случаи демонстрируют существенную асимметрию высот волн за счет эффекта захвата волн. Разработанная в главе 1 модель модифицируется для характерного тропическим циклонам поля ветра и позволяет проводить расчеты высот волн вдоль диагонали, проходящей из заднего левого в передний правый сектор циклона, где наблюдаются, соответственно, наиболее низкие и наиболее высокие волны. Приведенные примеры расчетов и их сопоставление с альтиметрическими данными подтверждают способность разработанной модели количественно воспроизводить высоты волн, в том числе при возникновении эффекта захвата волн. Используемый аналитический подход позволил также установить количественные взаимосвязи



характеристик ветровых волн с параметрами генерирующих их циклонов, что дает возможность прогнозировать появление аномально высоких волн.

В главе 4 рассматривается вероятность появления аномально высоких волн, генерируемых полярными циклонами – экстремальными атмосферными явлениями высоких широт. Проводится отбор исходных данных, рассчитываются высоты волн для большого набора наблюдаемых случаев полярных циклонов. Подтверждается, что около половины полярных циклонов обладает такой комбинацией характеристик (размер, скорость ветра и передвижения), при которой возможно проявление эффекта захвата волн и генерация аномально высоких волн.

При прочтении диссертационной работы возникли следующие замечания:

1. Существенная часть работы основывается на использовании данных спутниковых альтиметров, однако в диссертации совсем не описываются принципы работы этих инструментов.
2. Разработанная модель генерации волн тропическими циклонами тестируется на данных спутниковых альтиметров. Однако, следовало бы также проверить достоверность модели, сопоставляя ее с результатами численных расчетов по волновым моделям, напр., WAVEWATCH III.
3. Разработанная в главе 3 модель описывает одномерное распределение волн вдоль разреза, пересекающего передний правый и задний левый сектор циклона. При этом в диссертации никак не обсуждаются волны в других секторах циклона. Остается неясным, возможно ли с помощью применяемого аппарата рассчитать поле волн в других секторах циклона или, что еще лучше, полное двумерное поле волн в циклоне.

Указанные замечания не снижают общей положительной оценки работы. Диссертация Голубкина Павла Андреевича на тему: «Особенности ветрового волнения в экстремальных условиях по данным спутниковых альтиметров и моделирования» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 01.09.2016 № 6821/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Голубкин Павел Андреевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.28 – Океанология.

Член диссертационного совета

Доктор физ.-мат. наук, профессор

Зилитинкевич Сергей Сергеевич

Sergey S. Zilitinkevich

Director of Research, Institute of Atmospheric and Earth System Research (INAR)

Office address: FMI, Box 503, 00101 Helsinki, Finland

Telephone: +358 505 73 22 03, Fax: +358-29-539-4103

E-mail: Sergej.Zilitinkevich@fmi.fi