

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

Диссертационная работа Павла Андреевича Голубкина, на взгляд рецензента, заслуживает самой высокой оценки как по формальным критериям так и по существенным особенностям, определяющим возможности развития и самой работы, и профессиональных качеств ее автора.

Актуальность работы определяется, в первую очередь, ее предметом - исследованиями морского волнения в экстремальных условиях сильных ветров в тропических и полярных циклонах (ТЦ и ПЦ, следуя сокращениям диссертации). Следует также отметить использование автором современных исследовательских подходов: теории волнения, работы со спутниковыми данными, численного моделирования (различные системы реанализа динамики ПЦ). Автором проведена эффективная адаптация общих результатов к конкретным физическим задачам, что выгодно выделяет работу на фоне потока, эксплуатирующего "модные" подходы, не затрудняясь вопросами об их корректности и эффективности в каждом частном случае.

Цели работы реализованы в работе последовательно, их достижение и достоверность защищаемых положений подтверждены публикациями в высокорейтинговых научных журналах. Отметим, что результаты всех 10 публикаций (из них 5 на английском языке) полностью отвечают теме диссертации. Работа прошла апробацию на международных и национальных конференциях. Рецензент присутствовал на некоторых докладах и может лично засвидетельствовать их высокий уровень.

Гарантией определяющего личного вклада соискателя в рассматриваемую работу может служить высочайшая репутация Лаборатории спутниковой океанографии Российского государственного гидрометеорологического университета в профессиональном сообществе.

Во Введении приводятся общие сведения о выполненной работе. Формулировка защищаемого положения 2 представляется рецензенту неудачной. "Особенности" чего-либо, на взгляд рецензента, не следует заявлять в самом начале положения, тем самым неявно принижая "количественные и качественные характеристики" ТЦ и ПЦ как важный результат. Некоторые из этих характеристик получены впервые (оценки экстремальных высот волн в ПЦ), другие же существенно уточняют ранее полученные сведения (климатология ПЦ и ее воспроизводимость в реанализах).

В Главе 1 "Генерация поверхностных волн в условиях пространственно-временной изменчивости поля ветра" рассмотрены

09/2 - 108 от 06.06.18

недавние результаты современной теории морского волнения и на этой основе предложена аналитическая модель роста волн под действием нестационарного поля ветра (пример, тропические циклоны). Эта модель успешно используется в дальнейшем для оценок интенсивности ветрового волнения в ТЦ и ПЦ. Рецензент не согласен с тем, что данная модель представляется как "обобщение теории подобия" (см. выводы к Главе 1 и положение 1 Заключения). Речь идет, скорее, об успешной адаптации теоретических результатов. Соискателю удалось продемонстрировать адекватность предложенной аналитической модели широкому кругу задач о ветровом волнении, которые имеют важное фундаментальное и прикладное значение. Физический механизм эффективного разгона, определяющий асимметрию поля волнения в циклонах, обсуждался ранее на качественном уровне. Соискателю с соавторами удалось дать количественную оценку соответствующего эффекта и рассмотреть различные сценарии трансформации волнения в зависимости от скорости перемещения циклонов и времени их жизни (последнее особенно важно для ПЦ).

Прочие замечания и комментарии приводятся ниже (далее X/Y - X - страница, Y - строка сверху).

15/21 - Хорошее русское слово "повинуются" не вполне уместно для научного текста;

15/26 - "поток нелинейного импульса". Поток волнового импульса (квази-импульса) существует и в линейном приближении. Акцентирование нелинейности в данном случае неуместно;

16/18 - В цитированной работе Vadulin et al. (2007) не проводилось специального отбора зависимостей. Были рассмотрены все доступные зависимости роста ветровых волн и показано их соответствие теоретическим зависимостям (пример, ф.1.4). Отклонения от теории были объяснены особенностями проведения экспериментов и обработки результатов. Выбранная соискателем "опорная" зависимость Babanin, Soloviev (1998) отнесена к группе экспериментов наиболее высокого качества и соответствия теоретической постановке задачи о росте волнения;

19/5 - Не очень ясно ставится задача о развитии волнения с разгоном (идеализация fetch-limited), возможны сложности у читателя;

После ф.1.9 Рецензент не согласен рассматривать предлагаемую модель как обобщение. Правильнее говорить о конкретизации для частных задач;

Последняя строка раздела 1.2.1 Рецензент обращает внимание на работу, отсутствующую в списке литературы: *Limited fetch revisited: Comparison of wind input terms, in surface wave modeling, Andrei Pushkarev, Vladimir Zakharov, Ocean Modelling 103 (2016) 18–37*, в которой рассмотрены автомодельные решения для степенной функции накачки.

Глава 2 "Поле ветровых волн в Арктическом регионе" посвящена исследованию ветрового волнения в областях, свободных ото льда с помощью средств спутниковой альтиметрии и скаттерометрии. Для данных альтиметров Ku-диапазона (Envisat) показана зависимость высоты волнения в

свободных ото льда областях от размера этих областей, т.е. от характерного разгона. При этом использованы соотношения простой автотомельной теории, развитой в Главе 1. Для данных SARAL/AltiKa, работающего в Ка-диапазоне, показана высокая чувствительность удельной эффективной площади рассеяния (УЭПР) к высоте волнения. Тем самым обоснована необходимость введения двухпараметрических зависимостей для оценки скорости приповерхностного ветра по данным альтиметра Ка-диапазона. Введение подобной коррекции в стандартный однопараметрический алгоритм для скорости ветра (см. рис.2.5) позволило проследить изменчивость поля ветра на масштабах арктических полыней и сравнить результаты с модельными (данные ECWMF). Результаты работы с данными Ка-альтиметра имеют особое значение, поскольку даже спустя 4 года после начала миссии SARAL/AltiKa многие вопросы преимущества данных Ku и Ka диапазонов остаются актуальными.

Немногочисленные замечания к главе носят, в основном, технический характер.

Уравнение (2.8), взятое из работы Elfouhaily et al. (1997), следовало бы сопроводить специальными комментариями и сопоставить с "опорной" зависимостью Babanin, Soloviev (1998). Появление гиперболического тангенса в (2.8), очевидно, связано с желанием учесть рост волнения и на ранних стадиях (степенной показатель $3/10$ в 2.8), и при приближении к насыщению (режим полностью развитого волнения, Pierson-Moskowitz, 1964).

В ур-ии (2.9) допущена опечатка, нужно арктангенс гиперболический.

Стр.39, 4 строка снизу. Работа с малыми высотами волн (у автора до 0.2 метров) требует специальных комментариев. Обычно измерения высоты волн ниже 0.5 метра отбраковываются как недостоверные.

Название Главы 3 "Особенности генерации ветрового волнения тропическими и полярными циклонами" не совсем точно отвечает ее содержанию. В главе не рассматриваются полярные циклоны, однако, весь физический и математический аппарат для исследования явления захвата волн движущимися циклонами представлен и активно применяется ниже. Эта глава, на взгляд рецензента, является наиболее яркой в работе. В ней подробно рассмотрен важный физический эффект, приводящий к существенной асимметрии поля волнения в циклонах. Исследование проиллюстрировано модельными примерами, данными альтиметрии и скаттерометрии. Важным результатом следует считать создание базы альтиметрических измерений в ТЦ. Помимо научной ценности, такая база предоставляет хороший образовательный материал для подготовки специалистов по работе со спутниковыми данными.

Замечания незначительны.

Перед уравнением на стр.57 была бы уместна ссылка на работу I.R. Young (1993) *An Estimate of the Geosat Altimeter Wind Speed Algorithm at High Wind Speeds*, где была применена линейная экстраполяция для оценки высоких скоростей ветра по данным альтиметрии. В списке литературы эта

важная работа отсутствует.

59/13-15. Редакционные замечания. "Коэффициент... поглощается параметрами" - неудачное выражение. "После разложения в ряд Фурье...". Непонятно, по какому параметру происходит разложение в ряд и как одномерное разложение может помочь в восстановлении двумерного поля ветра. Следовало бы описать процедуру более подробно.

69/11. В оценке отношения скоростей перемещения ТЦ и скорости ветра в тайфуне ($V/U=0.36$) следовало бы упомянуть, что эта оценка сделана для параметра "опорной" зависимости Babanin, Soloviev (1998), фундаментальность которой не следует переоценивать, поскольку она была получена для условий Черного моря.

72/14. "Как минимум в большей степени" - неудачное выражение.

К важным результатам Главы 4 "Оценка вероятности генерации аномальных волн полярными циклонами в морях Северо-Европейского бассейна" следует отнести, прежде всего, само обращение к этой проблематике. ПЦ несравнимо менее исследованы и поняты, чем ТЦ, для которых собраны значительные объемы данных различных видов, получены параметрические зависимости для некоторых характеристик (пример, ур-е 3.1 для скорости ветра в циклоне), отработаны методики детектирования по спутниковым данным. Ничего этого не было сделано для ПЦ. Соискателю с соавторами удалось сократить существовавший отрыв. Для исследования критически проанализирована новейшая климатология ПЦ. Используя данные реанализов, оценен вероятный радиус, на котором достигается максимальная скорость ветра в ПЦ (ур-е 3.1 для ТЦ). Рис.4.9 показывает хорошее попадание данных в окрестность аппроксимирующей зависимости, а, значит, потенциально высокое качество прогностических оценок.

Теория захвата волнения, использованная в Главе 3 для ТЦ, адаптирована к ПЦ с учетом того, что последние имеют гораздо меньшее время жизни. При этом показана возможность значительного усиления волнения в ПЦ из-за эффекта захвата. В разделе 4.2. дано очень хорошее описание механизма эффективного разгона, к сожалению, отсутствующее в главе о тропических циклонах. Важным практическим результатом можно считать оценки вероятности ПЦ в Северо-Европейском регионе. Несколько невнятно описана ситуация с ПЦ у российского побережья (у Кольского полуострова, стр.108). По-видимому, речь идет о малом количестве данных и низкой обеспеченности вероятностных оценок.

Несколько редакционных замечаний к Главе 4.

На стр.83 следовало бы раскрыть сокращение AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer. На той же странице следует расшифровать HOAPS (Hamburg Ocean Atmosphere Parameters and Fluxes from Satellite Data)

и дать необходимые ссылки.

На стр.94. Фраза "Поля относительной завихренности были синтезированы, ..." может быть безболезненно удалена, следующая фраза полностью разъясняет процедуру фильтрации.

Рис.4.10 а) и в) следовало бы дать в единой цветовой шкале.

В Заключении приведены выводы работы, отвечающие заявленным целям и выносимым на защиту положениям. Заметим, что вывод 2 в переводе на английский не совсем точно передает русский вариант. Российский сектор Арктики не исчерпывается перечисленными тремя морями.

Как сказано в самом начале отзыва, представленная работа заслуживает самой высокой оценки. В ней не только продемонстрированы высокие профессиональные качества соискателя, но и представлены новые научные результаты мирового уровня.

Диссертация 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 степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.28 – Океанология.

доктор физ.-мат. наук, зав. лабораторией
нелинейных волновых процессов

Сергей Ильич Бадулин

28 мая 2018 г.

ФГБУН Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН

117997, г. Москва, Нахимовский проспект, д. 36

+7(499) 124-75-65

e-mail: badulin.si@ocean.ru

<http://www.ocean.ru>

Подпись С.И. Бадулина удостоверяю

Ученый секретарь

Института океанологии им. П.П. Ширшова

к.г.н.

