

ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на диссертационную работу Пиваева Павла Дмитриевича
«Реакция океана на прохождение тропических циклонов по
данным спутниковых наблюдений и моделирования»,
представленную на соискание ученой степени кандидата
физико-математических наук по специальности 1.6.17. Океанология.

Диссертационная работа Пиваева Павла Дмитриевича посвящена исследованию основных закономерностей формирования реакции океана на движущиеся тропические циклоны в широком диапазоне условий окружающей среды на основе анализа данных спутниковых наблюдений и результатов моделирования.

Для достижения поставленной цели была сформирована база данных, включающая информацию о параметрах тропических циклонов, существовавших в разных районах Мирового океана в период с 2010 по 2020 гг., спутниковых измерениях аномалий температуры поверхности океана и стратификации океана вдоль траекторий тропических циклонов.

В первом разделе работы исследовано проявление прохождения тропических циклонов в полях аномалий высоты поверхности океана. Применение классической модели бароклинной и баротропной реакций океана и сравнение её с параметризацией аномалий высоты поверхности океана по спутниковым альтиметрическим измерениям показали, что измерения альтиметров можно воспроизвести классической моделью при использовании, как минимум, двух бароклиновых мод и коэффициента сопротивления морской поверхности в пределах $(2,0-2,5) \cdot 10^{-3}$ при ураганных ветрах.

Во втором разделе работы настроенная модель бароклинной реакции была применена для расчёта поверхностных течений, индуцируемых циклонами на поверхности океана и оценки их вклада в доплеровскую скорость морской поверхности, измеряемой спутниковыми РСА. Показано, что в окрестности глаза тропического циклона диполь доплеровской скорости в равной степени формируется течениями и ветровыми волнами, а в следе циклона поля доплеровской скорости формируются инерционными течениями.

В третьем разделе работы описываются методы расчёта аномалий температуры поверхности океана и толщины перемешанного слоя океана в

следе циклона для созданной базы данных тропических циклонов в Мировом океане в период с 2010 по 2020 гг. Оценки толщины перемешанного слоя проведены по аномалиям температуры поверхности океана в следах циклонов с использованием фоновых профилей температуры, измеренных буями Argo, и адиабатического закона сохранения тепла в верхнем слое океана. Анализ зависимостей аномалий температуры поверхности океана от параметров циклонов (скорость ветра, радиус, скорость перемещения) и стратификации океана, показал отсутствие какой-либо их «простой» связи по отдельности с каждым из параметров циклонов или стратификации. Это указывает на многофакторность влияния циклона на перемешивание в верхнем слое океана и соответствующее охлаждение его поверхности.

В четвертом разделе исследуются и моделируются механизмы перемешивания в верхнем слое океана и охлаждения его поверхности при прохождении тропического циклона, а в завершении – предлагается обобщенная модель реакция океана, которая может быть использована в различных научных и практических приложениях. Здесь, в качестве основных результатов, следует отметить построение модели толщины перемешанного слоя, основанной на гипотезе пороговой устойчивости (в терминах критического числа Ричардсона) развития перемешанного слоя и определяющей роли потока массы дрейфовых течений в этом слое и перепада плавучести на его нижней границе в формировании толщины перемешанного слоя. Принципиально важным явился учет влияния излучения коротких внутренних волн из перемешанного слоя вглубь океана на динамику перемешанного слоя и, соответственно, на его толщину. Безразмерная толщина перемешанного слоя представлена в виде автомодельной зависимости от безразмерной скорости движения тропического циклона и радиационного трения, а также параметра апвеллинга. Эта модель нашла убедительное экспериментальное подтверждение при сравнении с данными наблюдений аномалий температуры поверхности океана в следах тропических циклонов. Настроенная модель бароклинной реакции океана совместно с предложенной моделью перемешанного слоя легли в основу обобщенной трёхмерной модели реакции океана. Минимальные значения аномалий температуры поверхности океана в следе циклона, предсказываемые этой моделью, были валидированы

на созданной базе спутниковых измерений температуры поверхности океана и параметров тропических циклонов, и показали высокое качество модели. В конце раздела приведены примеры ситуационного моделирования, эволюции аномалий температуры поверхности океана, создаваемых различными тропическими циклонами с меняющимися во времени параметрами при их движении над океаном с горизонтально неоднородной стратификацией.

Пиваев П.Д. в 2019 году окончил бакалавриат, а в 2021 году – магистратуру Российского государственного гидрометеорологического университета (РГГМУ) в г. Санкт-Петербурге по направлению «Прикладная гидрометеорология». В 2021 году поступил в аспирантуру Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Морской гидрофизический институт РАН» (ФГБУН ФИЦ МГИ) в г. Севастополе на очную форму обучения и успешно её окончил в сентябре 2024 года, на «отлично» сдав кандидатские экзамены. Трудовую деятельность Павел Дмитриевич начал в 2018 году в Лаборатории спутниковой океанографии РГГМУ в г. Санкт-Петербурге. В Лаборатории работал на должностях техника, инженера-исследователя и младшего научного сотрудника. После поступления в аспирантуру ФГБУН ФИЦ МГИ в г. Севастополе в 2021 году был принят на должность старшего инженера-исследователя Лаборатории прикладной физики моря Отдела дистанционных методов исследований. После окончания аспирантуры был избран по конкурсу на должность младшего научного сотрудника, в роли которого продолжает научную деятельность.

Пиваев П.Д. регулярно делает доклады о результатах своей научной деятельности на различных институтских, российских и международных конференциях. Его выступления на конференциях удостоивались почётных грамот и премий (конференции в ИКИ РАН, ИФА РАН, ИО РАН). Награждён премией для молодых учёных имени В.В. Шулейкина ФГБУН ФИЦ МГИ в 2025 г. за цикл работ по теме диссертационного исследования. Выполнял работы в рамках проектов РНФ совместно с научными группами Лаборатории спутниковой океанографии РГГМУ и Лаборатории прикладной физики моря ФГБУН ФИЦ МГИ. В настоящее время выполняет работу по теме государственного задания ФГБУН ФИЦ МГИ «Фундаментальные исследования

процессов, определяющих потоки вещества и энергии в морской среде и на ее границах, состояние и эволюцию физической и биогеохимической структуры морских систем в современных условиях» и участвует в НИР «Создание планетарной лазерной интерферометрической сейсмоакустической обсерватории» совместно с ТОИ ДВО РАН.

Материалы, вошедшие в диссертационную работу, отражены в 12 научных работах, из них 4 статьи в рецензируемых научных журналах, и 8 тезисов докладов на всероссийских и международных конференциях.

Требованиям ВАК при Минобрнауки России удовлетворяют 4 работы в рецензируемых российских научных изданиях, в их числе 4 работы в рецензируемых научных изданиях, входящих в наукометрические базы SCOPUS и Web of Science.

Считаю, что данная работа соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертационным работам, а Пиваев П.Д. заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.6.17. Океанология.

Научный руководитель:

Ведущий научный сотрудник лаборатории прикладной физики моря отдела дистанционных методов исследований Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Морской гидрофизический институт РАН» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, доктор физико-математических наук

Кудрявцев Владимир Николаевич

« 7 » ноября 2025 г.

Адрес: 299011, г. Севастополь, ул. Капитанская, 2, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Морской гидрофизический институт РАН»

E-mail: kudr@rshu.ru

Телефон: +79219124711

Подпись Кудрявцева Владимира Николаевича заверяю:

Учёный секретарь Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Морской гидрофизический институт РАН», кандидат физико-математических наук

Алексеев Дмитрий Владимирович

