

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.229.02,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ФЕДЕРАЛЬНОГО
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЦЕНТРА «МОРСКОЙ
ГИДРОФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ РАН» МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ,
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК**

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 11.02.2026 г. № 30

О присуждении **Пиваеву Павлу Дмитриевичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Реакция океана на прохождение тропических циклонов по данным спутниковых наблюдений и моделирования» по специальности 1.6.17. Океанология принята к защите 20 ноября 2025 года (протокол заседания № 29) диссертационным советом 24.1.229.02, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Морской гидрофизический институт РАН» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, адрес: 299011, г. Севастополь. ул. Капитанская, 2, создан Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 137/нк от 12 февраля 2016 года.

Соискатель – Пиваев Павел Дмитриевич, 12 ноября 1997 года рождения. В 2021 г. соискатель окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный гидрометеорологический университет» по специальности «Прикладная гидрометеорология», в 2024 г. – очную аспирантуру Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Морской гидрофизический институт РАН»,

работает младшим научным сотрудником в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Федеральном исследовательском центре «Морской гидрофизический институт РАН» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена в 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.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, **Кудрявцев Владимир Николаевич** работает ведущим научным сотрудником 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 (по основному месту работает главным научным сотрудником – заведующим лабораторией спутниковой океанографии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный гидрометеорологический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации).

Официальные оппоненты:

– **Бадулин Сергей Ильич**, доктор физико-математических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук, руководитель лаборатории нелинейных волновых процессов, главный научный сотрудник,

– **Тронцкая Юлия Игоревна**, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук», заведующая отделом нелинейных геофизических процессов, заведующая

лабораторией нелинейных волновых процессов в геофизической гидродинамике

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт космических исследований Российской академии наук, г. Москва, в своем положительном отзыве, подписанном **Ермаковым Дмитрием Михайловичем**, доктором физико-математических наук, ведущим научным сотрудником, заведующим отделом «Исследование Земли из космоса», **Лавровой Ольгой Юрьевной**, кандидатом физико-математических наук, доцентом, ведущим научным сотрудником, руководителем лаборатории аэрокосмической радиолокации, указала, что автореферат диссертации в полной мере отражает ее содержание и удовлетворяет требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 года № 842. В тексте диссертации имеются все необходимые ссылки на авторов и источники заимствованных материалов, в том числе на научные работы соискателя. Диссертация является законченным научным исследованием, полностью соответствующим требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Пиваев Павел Дмитриевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.6.17. Океанология.

Соискатель имеет 17 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 12 работ, из них в рецензируемых научных изданиях, удовлетворяющих требованиям ВАК при Минобрнауки России, опубликовано 4 работы. В их числе 4 работы в рецензируемых научных изданиях, входящих в наукометрические базы SCOPUS и Web of Science.

Научные работы соискателя посвящены исследованию реакции океана на прохождение тропических циклонов с помощью анализа данных наблюдений и математического моделирования. В работах, опубликованных с соавторами, конкретный вклад диссертанта состоял в следующем:

– отбор тропических циклонов, существовавших над Мировым океаном с 2010 по 2020 гг., и формирование базы данных параметров циклонов, а также спутниковых измерений температуры поверхности океана и данных о стратификации в океане вдоль траекторий циклонов;

– разработка алгоритмов обработки данных для расчёта аномалий температуры поверхности океана, вызванных прохождением тропических циклонов, и выполнение оценок толщины перемешанного слоя в следах циклонов;

– выполнение численных экспериментов и расчётов динамической и термической реакции океана на прохождение циклонов, оценка констант модели перемешанного слоя и обобщённой трёхмерной модели реакции океана на прохождение тропических циклонов, а также валидация этих моделей;

– формулировка основных выводов работ.

Все требования к публикациям основных научных результатов диссертации, предусмотренные в п. 11, 13 и 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, соблюдены, недостоверные сведения об опубликованных работах отсутствуют.

Наиболее значительные работы:

1. Field Observations of Breaking of Dominant Surface Waves / **P.D. Pivaev**, V.N. Kudryavtsev, A.E. Korinenko, V.V. Malinovsky // Remote Sensing. – 2021. – Vol. 13, No. 16. – P. 3321. – DOI: 10.3390/rs13163321.

2. Tropical cyclone signatures in SAR ocean radial Doppler Velocity / Y.Y. Yurovsky, V.N. Kudryavtsev, M.V. Yurovskaya, **P.D. Pivaev**, S.A. Grodsky // Remote Sensing of Environment. – 2024. – Vol. 311. – P. 114251. – DOI: 10.1016/j.rse.2024.114251.

3. Kudryavtsev V.N. Mixed layer depth parameterization and ocean surface cooling induced by tropical cyclones / V.N. Kudryavtsev, **P.D. Pivaev** // Ocean Modelling. — 2025. — Vol. 195. — P. 102514. — DOI: 10.1016/j.ocemod.2025.102514.

4. **Pivaev P.D.** On Tropical Cyclone Footprints in Sea Surface / P.D. Pivaev, V.N. Kudryavtsev // *Physical Oceanography*. – 2025. – Vol. 32, No. 3. – P. 408–426.

На диссертацию и автореферат поступило 10 отзывов, все отзывы положительные. Отзывы поступили из:

1) Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук». Отзыв подписал заместитель заведующего отделом 320 «Радиофизических методов в гидрофизике» по научной работе, кандидат физико-математических наук **Капустин Иван Александрович**. Отзыв положительный с замечаниями:

– В качестве замечаний можно отметить ряд опечаток в тексте автореферата.

2) Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова». Отзыв подписал старший научный сотрудник географического факультета, кандидат физико-математических наук **Мысленков Станислав Александрович**. Отзыв положительный с замечаниями:

– название работы не совсем соответствует содержанию работы. Под реакцией океана на тропические циклоны сразу представляются ветровые волны и их параметры — но волны в работе не рассматриваются, только для параметризаций процессов. Автор пишет «Предмет исследования – поля уровня, доплеровской скорости и термохалинные поля океана в следах ТЦ.», хотя реакций океана может быть куда больше. Более того, в работе нет исследования солености (она используется только для расчета плотности), хотя в предмете исследования указаны термохалинные поля;

– в автореферате слишком много опечаток и грамматических ошибок. Только на самой первой странице: «что вызывают усиление», «этой отрицательно обратной связи», «сосредоточенная в верхнем перемешанной

слое». По крайней мере автореферат можно было вычитать, чтобы исключить большую часть ошибок;

– в тексте указано «Тропические циклоны..., распространяющиеся над океанами, представляют собой мезомасштабное атмосферное явление экстремальной интенсивности». Относить ТЦ с диаметром ~500 км однозначно к мезомасштабным явлениям кажется странным, так как это пограничный масштаб ближе к синоптике. Более подходит – «явления субсиноптического масштаба». На слуху у нас мезоциклоны или полярные циклоны, но у них действительно существенно меньше диаметр;

– используются странные термины, которые не являются общеупотребимыми в океанологии: высота поверхности океана (ВПО) – это уровень моря (относительный или абсолютный или динамическая топография), верхний перемешанный слой (ПС) — верхний квазиоднородный слой (ВКС);

– автор пишет «Сформировать базу данных, включающую информацию о параметрах ТЦ». Однако, характеристики циклонов были взяты из уже готовой базы данных, поэтому называть эту задачу «созданием базы данных» не совсем корректно;

– для анализа начального состояния автор работы использует «Массив данных ISAS20 с разрешением по времени 1 месяц, по пространству около 0,5°». Не понятно насколько корректны эти поля для разных ТЦ, так как профилей буев могло не быть в нужный момент времени в пределах 1000 км. Хотелось бы видеть сравнение данных по Арго с данными ТПО по спутнику. Может ли быть найденная реакция просто различием используемых полей из разных баз данных?

3) Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет». Отзыв подписала профессор кафедры океанологии, доктор географических наук **Белоненко Татьяна Васильевна**. Отзыв положительный без замечаний.

4) Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук». Отзыв подписал заведующий отделом радиофизических методов в геофизике, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник **Ермаков Станислав Александрович**. Отзыв положительный с замечаниями:

– расчеты бароклинных движений проведены для трехслойной модели, но не приведено оценок точности этой аппроксимации для расчетов аномалий по сравнению с расчетами по реальной стратификации. Можно ли было ограничиться более простой моделью с одним сезонным пикноклином, учитывая, что в выражение (4) входит только частота плавучести сезонного пикноклина?;

– в разделе 4.4. отмечено, что нормальные моды слабо зависят от развития ПС, однако нет оценок, насколько существенно может повлиять перемешивание в верхнем слое в ТЦ на расчет величины аномалий ВПО.

5) Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Крымский Федеральный Университет им. В.И. Вернадского». Отзыв подписал профессор кафедры теоретической физики Физико-технического института, доктор физико-математических наук, профессор **Фридман Юрий Анатольевич**. Отзыв положительный без замечаний.

6) Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук. Отзыв подписал ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией численных экспериментов по динамике океана Санкт-Петербургского филиала, кандидат географических наук **Романенков Дмитрий Анатольевич**. Отзыв положительный с замечаниями:

– есть несколько опечаток, не снижающих качество изложения.

7) Федерального государственного бюджетного учреждения «Государственный океанографический институт им. Н.Н. Зубова». Отзыв

подписал ведущий научный сотрудник и заведующий Лабораторией гидродинамики прибрежной зоны, кандидат физико-математических наук **Григорьев Александр Валентинович**. Отзыв положительный без замечаний.

8) Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный гидрометеорологический университет». Отзыв подписал профессор кафедры Прикладной океанографии и комплексного управления прибрежными зонами, доктор географических наук, доцент **Аверкиев Александр Сергеевич**. Отзыв положительный с замечаниями:

– в автореферате не сказано, или сказано вскользь, о таком важном параметре, как время существования следа ТЦ, или о времени его возможного отслеживания;

– толщина верхнего (строго) перемешанного слоя h в большинстве работ, начиная с работ Тернера, Крауса, Китайгородского и др., даже для тропической и экваториальной областей океанов ограничивается несколькими десятками метров (см. например, Кильматов Т.Р., Казанчук Г.П., 2020). В представленном исследовании аномалии ПС достигают 200 и более метров. Правда, врезка на рис. 5.б, показывает смысл того, что автор вкладывает в понятие ПС, это скорее толщина некоторого модельного верхнего слоя, где температура осреднена, градиент температуры принимается равным нулю, а фактический градиент не достигает максимальных значений на профиле.

9) Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института автоматизации и процессов управления Дальневосточного отделения Российской академии наук. Отзыв подписал заведующий лабораторией Спутникового мониторинга, доктор технических наук **Алексанин Анатолий Иванович**. Отзыв положительный с замечаниями:

– при расчётах уровенной поверхности океана используется формула (4), в которой в знаменателе стоит скорость движения ТЦ. Она может быть нулевой. Из рисунка 6 видно, что ТЦ с малыми значениями скорости не использовались. Следовало бы упомянуть ограничения на используемые формулы;

– автор использует данные ТЦ, взятые из архива IBTrACS. Он сформирован на основе так называемых данных best tracks различных агентств. Максимальные скорости в ТЦ Тихого океана у Японии (JMA) и США (JTWC) могут отличаться, так как у них разные методики усреднения скоростей. Как решалась эта проблема?

10) Филиала Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова в г. Севастополе. Отзыв подписала старший преподаватель кафедры геоэкологии и ГИС, руководитель образовательной программы направления «География», кандидат физико-математических наук **Базюра Екатерина Анатольевна**. Отзыв положительный с замечанием:

– в качестве замечания можно отметить наличие нерасшифрованных аббревиатур в автореферате, что несколько затрудняет его восприятие.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их высокой компетентностью и признанным авторитетом в области теоретического и численного моделирования процессов взаимодействия океана и атмосферы в экстремальных погодных условиях и наличием публикаций в высокорейтинговых рецензируемых изданиях по теме диссертации соискателя. **С.И. Бадулин** является всемирно признанным специалистом в области теоретического и численного исследования морского волнения и дистанционного зондирования морской поверхности. **Ю.И. Троицкая** широко известна работами в области гидрофизики, динамики волн, течений и турбулентности в атмосфере и гидросфере, спутниковых методов исследования водной поверхности. **Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт космических исследований Российской академии наук** – мировой лидер в развитии технологий спутникового мониторинга и исследования Земли из космоса.

Диссертационный совет отмечает новизну представленных результатов, полученных на основе проведенных **П.Д. Пиваевым** исследований:

– впервые установлено, что аномалии высоты поверхности океана в следах тропических циклонов, регистрируемые спутниковыми альтиметрами, описываются моделью бароклинной реакции океана при учете как минимум первых двух бароклинных мод и при задании коэффициента сопротивления морской поверхности в диапазоне от $2,0 \cdot 10^{-3}$ до $2,5 \cdot 10^{-3}$ при скоростях ветра, характерных для тропических циклонов;

– впервые получены оценки вклада поверхностных дрейфовых и бароклинных течений в измеряемую спутниковыми радарами с синтезированной апертурой доплеровскую скорость поверхности океана, согласно которым вклад течений сопоставим с вкладом ветровых волн в окрестности глаза циклона и является определяющим в следе циклона;

– впервые получены оценки толщины перемешанного слоя, сформированного под воздействием циклона, рассчитанные по аномалиям температуры поверхности океана, измеряемым спутниковыми радиометрами в следах циклонов, существовавших в Мировом океане с 2010 по 2020 гг., а также экспериментальные количественные оценки зависимости толщины от параметров циклонов, параметра Кориолиса и стратификации океана;

– предложена новая модель толщины перемешанного слоя, основанная на концепции устойчивости его нижней границы (в терминах критического числа Ричардсона) и автомодельности дрейфовых течений, учитывающая радиационное трение, связанное с излучением коротких внутренних волн из перемешанного слоя вглубь океана;

– детализированы механизмы формирования термической реакции океана с горизонтально-неоднородной стратификацией на прохождении тропических циклонов с изменяющимися во времени параметрами на основе трёхмерной модели динамической и термической реакции океана, объединяющей настроенную модель бароклинного отклика океана и построенную модель толщины перемешанного слоя.

Теоретическая значимость результатов исследований.

Теоретическая значимость результатов диссертации заключается в расширении знаний о процессах, определяющих основные характеристики реакции океана на прохождение тропических циклонов, на основе анализа современных данных дистанционного зондирования, контактных измерений, а также результатов математического моделирования.

В диссертации показано, что для моделирования возмущения уровня океана, связанного с прохождением тропического циклона, необходимо учитывать сравнительно небольшое число бароклинных мод.

Зависимости потока массы и толщины перемешанного слоя, создаваемых тропическими циклонами, от параметров окружающей среды можно свести к универсальным функциональным связям небольшого числа безразмерных параметров. Полученные теоретически и подтверждённые экспериментально зависимости крайне полезны в задачах параметризации взаимодействия океана и атмосферы.

Показано, что гипотеза о постоянстве глобального числа Ричардсона, с помощью которой замыкается система уравнений для предсказания характеристик турбулентного перемешанного слоя, применима в условиях прохождения тропических циклонов.

Практическая значимость результатов исследований.

Результаты настройки модели баротропной и бароклинной реакции океана и построения модели толщины перемешанного слоя являются основой для создания обобщенной трёхмерной модели динамической и термической реакции океана на прохождение тропического циклона, которая может послужить эффективным и простым в использовании инструментом для решения различных практических и научных задач по оценке влияния циклона на эволюцию системы океан-атмосфера на глобальных и климатических масштабах. Модель позволяет рассчитать поле аномалии температуры поверхности океана в области, занятой циклоном, которое может использоваться для корректного прогнозирования интенсивности циклона и его

траектории движения, что необходимо для своевременного предупреждения опасных природных явлений в прибрежной зоне (большие волны, шквалы, штормовые нагоны), а также для обеспечения безопасности судоходства и работ в море.

Оценка достоверности результатов исследования проводилась путем сопоставления результатов моделирования реакции различных полей океана на прохождение тропических циклонов с параметрами, которые восстанавливаются или параметризуются по данным дистанционного зондирования Земли.

Оценки доплеровской скорости морской поверхности, для получения которых выполнялось моделирование бароклинных и дрейфовых течений, создаваемых тропическими циклонами, достаточно хорошо согласуются с измерениями спутниковых радаров с синтезированной апертурой и превосходят по качеству аналогичные оценки, полученные с помощью широко используемой статистической модели доплеровской скорости.

Точность воспроизведения восстанавливаемых по данным спутниковых радиометров аномалий температуры поверхности океана с помощью построенной в диссертации модели толщины перемешанного слоя по коэффициенту корреляции и индексу рассеяния сопоставима, а по нормированному смещению и стандартному отклонению превосходит качество моделирования аномалий температуры, полученных с помощью моделей и параметризаций, взятых из других работ.

Статистическая значимость оценок экспериментальных зависимостей, а также статистических метрик качества гарантируется большой выборкой рассматриваемых циклонов.

Личный вклад соискателя.

Выбор тематики диссертационной работы проводился совместно с научным руководителем. Соискателем совместно с научным руководителем обоснована актуальность исследования, поставлена цель работы и сформулированы основные задачи для ее достижения. Диссертантом были

выбраны тропические циклоны, существовавшие над Мировым океаном с 2010 по 2020 гг., и сформирована база данных их параметров, а также спутниковых измерений температуры поверхности океана и данных о стратификации в океане вдоль траекторий циклонов. Соискателем были разработаны алгоритмы обработки данных для расчёта аномалий температуры поверхности океана, вызванных прохождением тропических циклонов, и выполнены оценки толщины перемешанного слоя в их следах. Соискателем выполнялись все численные эксперименты и расчёты динамической и термической реакции океана на прохождение циклонов. Лично диссертантом выполнялась оценка констант модели перемешанного слоя и обобщённой трёхмерной модели реакции океана на прохождение тропического циклона и проводилась валидация этих моделей. Анализ полученных результатов и их интерпретация проводились соискателем совместно с научным руководителем.

В диссертации отсутствует недобросовестное использование материалов, полученных другими исследователями, без ссылки на автора или источники заимствования, а также результатов научных работ, выполненных соискателем в соавторстве, без ссылки на соавторов.

В ходе защиты диссертации были высказаны критические замечания о необходимости учета β -эффекта, полного влияния силы Кориолиса, вертикального турбулентного обмена в уравнениях движения, согласованного уравнения для переноса температуры с уравнениями движения и об ограничениях применимости гидростатического приближения. Высказаны пожелания о более подробном описании поля поверхностного волнения под циклоном и изучении механизмов исчезновения следов циклонов на поверхности океана.

Соискатель Пиваев П.Д. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и замечания, согласился с рядом замечаний, дал разъяснения по используемой терминологии, представил интересующие сведения и привел собственную аргументацию по ряду вопросов.

На заседании 11 февраля 2026 года диссертационный совет принял заключение: за решение научной задачи по определению основных закономерностей формирования реакции океана на движущиеся тропические циклоны на основе анализа данных спутниковых наблюдений и результатов математического моделирования, имеющей важное значение для понимания физических механизмов взаимодействия океана и атмосферы, присудить **Пиваеву Павлу Дмитриевичу** ученую степень **кандидата физико-математических наук**.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 5 докторов наук по специальности диссертации 1.6.17. Океанология, участвующих в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 16, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель диссертационного совета 24.1.229.02,
д. ф.-м. н., профессор,
член-корреспондент РАН

Коротаев Геннадий Константинович

Ученый секретарь диссертационного совета 24.1.229.02
к. ф.-м. н., с. н. с.

Алексеев Дмитрий Владимирович



11 февраля 2026 г.