

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Рубакиной Валентины Александровны «Суточные колебания температуры верхнего слоя Черного моря и их вклад в изменчивость вертикальной термической структуры вод», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.6.17 – Океанология

Актуальность темы диссертационной работы. В диссертационной работе Рубакиной В.А. представлены результаты исследования суточных колебаний температуры верхнего слоя Черного моря и рассмотрен их вклад в изменчивость вертикальной термической структуры вод. Температура поверхностного слоя моря (ТПМ) является важнейшей характеристикой состояния Мирового океана, поскольку она оказывает существенное воздействие на климат и функционирование экосистемы планеты, а также модулирует газообмен и влияет на процессы в атмосфере. Исследование суточного хода температуры ТПМ – одна из наиболее актуальных задач современной океанологии, так как суточные колебания вносят существенный вклад в турбулентный обмен теплом и импульсом между океаном и атмосферой, влияют на формирование ветров. Отдельно следует отметить, что детальное исследование суточного хода температуры представлено достаточно малом количестве отечественных и зарубежных работ, а для района Черного моря этих работ еще меньше, что связано, с отсутствием, до недавнего времени, достаточного количества данных с временным разрешением, необходимым для такого рода исследования.

Настоящая работа является подробным исследованием суточного хода температуры вод Черного моря на основе комплексного анализа данных с высоким временным разрешением сканера SEVIRI, термодрифтеров и результатов численного моделирования.

Достоверность научных результатов подтверждается проведенной многосторонней валидацией используемых данных контактных и спутниковых измерений, а также результатов численного моделирования. Сравнительный анализ и валидация показали хорошее согласование сопоставляемых данных. Полученные результаты также согласуются с результатами исследований в других регионах, опубликованными в литературе. В работе анализировались статистически значимые ряды данных. Численные эксперименты проводились с использованием одномерной гидродинамической модели POM, валидация и широкая апробация которой выполнена в большом числе отечественных и зарубежных работ. Основные результаты диссертации представлялись на тематических семинарах, а также на российских и международных конференциях, школах, представлены в публикациях ведущих рецензируемых отечественных журналах.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

Определено, что наибольшая изменчивость суточного хода температуры в поверхностном слое Черного моря имеет место в весенне-летний период в утренние и вечерние часы. В холодный период года температура на поверхности меньше, чем в ниже лежащих слоях.

Выявлены особенности сезонной изменчивости ТПМ и амплитуды суточного хода ТПМ, ее зависимость от поля ветра и различных гидрометеорологических факторов. Проведен статистический анализ событий дневного прогрева. Определено, что события экстремального дневного прогрева с амплитудами суточного хода температуры 5–7°C формируются в условиях малой облачности при скоростях ветра до 5 м/с.

В работе впервые установлены количественные зависимости величины перепада температуры в скин-слое от различных гидрометеорологических факторов для района Черного моря, исследована суточная изменчивость перепада температуры в скин-слое. Определены условия существования выраженного скин-слоя, а также условия, в которых применима теория скин-слоя Саундерса для Черного моря.

Рассмотрены сезонные и пространственные особенности суточных колебаний температуры на различных горизонтах, глубина проникновения суточных колебаний, их интенсивность, связь с вертикальной компонентой скорости течений. Впервые на основе численного моделирования определена взаимосвязь суточного хода температуры с прогревом нижележащих слоев в весенний период, стратификацией и толщиной ВКС.

Теоретическая и практическая значимость диссертационной работы. Результаты сравнительного анализа данных прибора на геостационарной орбите SEVIRI с контактными измерениями и результатами численного моделирования наглядно показали перспективные возможности использования данных SEVIRI для исследования различных процессов и явлений в Черном море во временных масштабах порядка суток.

Выделены условия формирования событий значительного и экстремального дневного прогрева, закономерности формирования районов интенсивного дневного прогрева. Также в работе представлены результаты статистического анализа событий дневного прогрева на основе многолетних массивов данных дистанционного зондирования и контактных измерений.

Полученные в ходе исследования численные зависимости перепада температуры в скин-слое Черного моря от различных гидрометеорологических факторов могут быть использованы для коррекции данных дистанционного зондирования и применяться в численных моделях. Определены условия применимости модели скин-слоя Саундерса в Черном море.

Структура и объем диссертационной работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти разделов, заключения и списка использованных источников. Объем работы – 201 страница. Текст исследования иллюстрирован 62 рисунками и 3 таблицами. Библиографический список включает в себя 161 наименование, в том числе 103 на английском языке.

Во введении представлено обоснование актуальности работы и степень разработанности темы, цель исследования, поставленные задачи, раскрыта новизна работы и ее практическая значимость, а также сформулированы положения, выносимые на защиту, степень достоверности и апробация результатов, личный вклад автора и список публикаций по теме диссертации.

В первом разделе выполнен обзор современных подходов к исследованию суточного хода температуры поверхностного слоя вод. Рассмотрены некоторые особенности и проблемы использования данных дистанционного зондирования и контактных измерений для исследования температуры поверхностного слоя моря, а также применение численных моделей для изучения суточных колебаний температуры вод.

Второй раздел посвящен результатам исследования суточного хода температуры поверхностного слоя Черного моря по данным термопрофилирующих дрейфующих буев и сканера SEVIRI. В этом разделе выполнено сопоставление данных SEVIRI и термодрифтеров, рассмотрен средний суточный ход ТПМ и его сезонная динамика за многолетний период, проведено исследование сезонной динамики среднего суточного хода температуры вод в приповерхностном слое Черного моря, рассмотрены пространственные особенности распределения ТПМ и амплитуды суточного хода ТПМ. Исследованы события значительного и экстремального дневного прогрева, определены условия для их формирования. Выполнен статистический анализ количества событий дневного прогрева в различных интервалах значений амплитуды суточного хода температуры с использованием дистанционных и контактных данных. Исследована связь амплитуды суточного хода ТПМ с полем ветра и температурой воздуха, потоками тепла, проанализирована сезонная изменчивость ТПМ для различных интервалов скоростей ветра.

В третьем разделе рассмотрены зависимости амплитуды суточного хода температуры от различных гидрометеорологических факторов на основе численного моделирования. Исследована зависимость амплитуды суточного хода температуры от поля ветра, потоков тепла и вертикальной компоненты скорости течений на основе результатов расчета с использованием одномерной интегральной модели ВКС и одномерной гидродинамической модели POM. Также в разделе описаны результаты численных экспериментов по воспроизведению событий экстремального дневного прогрева с использованием модели POM.

В четвертом разделе описаны характеристики и изменчивость термического скин-слоя Черного моря на основе данных сканера SEVIRI и термодрифтеров. В разделе проведена оценка перепада температуры в скин-слое и рассмотрена зависимость этого перепада от различных гидрометеорологических факторов. Также в четвертом разделе оценены условия применимости теории скин-слоя Саундерса для района Черного моря на основе данных SEVIRI и термодрифтеров.

В пятом разделе представлены результаты исследования суточного хода температуры вод Черного моря на различных горизонтах, рассмотрена связь суточных колебаний температуры со стратификацией на основе численного моделирования. Были использованы результаты расчета модели с высоким временным разрешением NEMO. Выполненный сравнительный анализ данных SEVIRI и результатов расчета с использованием NEMO, показал, что модель NEMO хорошо воспроизводит как пространственные особенности распределения температуры, так и сезонную изменчивость, суточный и средний суточный ход температуры. В разделе рассмотрено вертикальное распределение суточных колебаний температуры, проведен спектральный анализ вертикального распределения температуры верхнего слоя вод Черного моря, который показал, что наиболее интенсивные суточные колебания имеют место в теплый период года в верхнем слое 7–10 м, которым они и ограничены. Также получено, что в холодный период года интенсивность суточных колебаний ниже, а глубина проникновения суточного хода температуры достигает 45 м. Нижняя граница, до которой обнаруживаются суточные колебания температуры, практически полностью совпадает с верхней границей скачка плотности. В разделе исследовано влияние суточного хода температуры на стратификацию на основе результатов расчета с использованием NEMO. Определено наличие среднего суточного хода толщины ВКС для всех сезонов года. На основе численных экспериментов с использованием одномерной гидродинамической модели POM показано влияние суточного хода температуры на прогрев глубинных слоев вод и толщину ВКС.

В заключении сформулированы основные результаты диссертационного исследования.

Работа производит очень хорошее впечатление, написана очень хорошим языком, содержит новые результаты, а практическая значимость не вызывает сомнений.

Несмотря на общую положительную оценку представленной на отзыв работы, хотелось бы сделать несколько **замечаний**:

1. В качестве данных дистанционного зондирования в работе используются данные сканера Severi, которые ранее практически не использовались российскими учеными. Считаю, что необходимо было дать более подробную информацию об этом сканере: в каких спектральных каналах

он предоставляет информацию, какова ширина полосы обзора и что самое главное для данной работы, какова точность определения температуры поверхности моря (ТПМ) по данным данного сканера.

2. Поскольку, как сказано в работе, ТПМ «измеряемая в ИК-диапазоне, формируется в тонком слое 0,1 мм», а верхний горизонт, на котором могут быть получены данные с термодрифтеров – 20 см, необходимо было четко обосновать, почему эти данные можно сравнивать.
3. Учитывая предыдущее замечание, представляется сомнительным, что корреляция между рядами данных: со спутникового сканера и с термодрифтеров, полученных на существенно разных горизонтах, равна 1 (см. страницу 43) или хотя бы в пределах 0,92 – 0,98 (см. таблицу 2.2, стр. 44).
4. В работе практически ни для каких величин не указаны доверительные интервалы, кроме данных термодрифтеров, поэтому необходимо было обосновать столь малые отклонения температуры от среднемесячных значений 0,2 – 0,4°C. Такие значения могут быть сравнимы с ошибками измерений.
5. Второй и пятый пункты положений, выносимых на защиту, даны слишком обще. На мой взгляд, их надо было хотя бы кратко конкретизировать.

Отмеченные недостатки не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы. Автором была проделана очень большая работа по обработке и комплексному анализу дистанционных данных и данных контактных измерений, результатов расчета, полученных с использованием численного моделирования, выполнен и проанализирован ряд численных экспериментов с использованием трех различных моделей.

Апробация результатов работы и публикации. Основные результаты работы докладывались на тематических семинарах, а также на 14 всероссийских и международных конференциях. Результаты работы опубликованы в соавторстве в 20 научных работах, из них: 4 публикации в рецензируемых журналах, удовлетворяют требованиям ВАК при Минобрнауки России, включены в международные наукометрические базы данных «SCOPUS» и «Web of Science» и 16 тезисов докладов на научных конференциях, входящих в базу данных РИНЦ.

Автореферат диссертации полностью отражает содержание работы.

Заключение официального оппонента.

Считаю, что диссертационная работа «Суточные колебания температуры верхнего слоя Черного моря и их вклад в изменчивость вертикальной термической структуры вод» представляет собой законченное научное исследование, результаты которого прошли широкую апробацию и имеют существенное значение для

развития океанологии. Диссертационная работа полностью отвечает требованиям п.п. 9-14 и критериям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительством Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (с изменениями и дополнениями), предъявляемыми к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Рубакина Валентина Александровна заслуживает присуждения степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.6.17 – Океанология.

Официальный оппонент

Кандидат физико-математических наук, доцент, ведущий научный сотрудник и руководитель лаборатории аэрокосмической радиолокации Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт космических исследований Российской академии наук (ИКИ РАН)
117997, г. Москва, ул. Профсоюзная 84/32

Телефон: +7(495) 333-52-12

E-mails: olavrova@iki.rssi.ru, olga-yu-lavrova@mail.ru

Лаврова Ольга Юрьевна

Подпись Лавровой Ольги Юрьевны удостоверяю

Ученый секретарь Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Институт космических исследований Российской академии наук (ИКИ РАН)

Кандидат физико-математических наук



Садовский Андрей Михайлович

«03» марта

2023 г.

