

УТВЕРЖДАЮ

Директор
Федерального государственного
бюджетного учреждения науки
Федерального исследовательского
центра «Морской гидрофизический
институт РАН»,
член-корреспондент РАН



Коновалов С.К.

«11» ноября 2022 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Федерального исследовательского центра
«Морской гидрофизический институт РАН»

Диссертация «Суточные колебания температуры верхнего слоя Черного моря и их вклад в изменчивость вертикальной термической структуры вод» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.6.17 – «океанология» выполнена в лаборатории инновационных методов и средств океанологических исследований отдела дистанционных методов исследований Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Морской гидрофизический институт РАН» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

В период подготовки диссертации соискатель Рубакина Валентина Александровна работала в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Федеральном исследовательском центре «Морской гидрофизический институт РАН» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в должности младшего научного сотрудника лаборатории инновационных методов и средств океанологических исследований отдела дистанционных методов исследований. В 2016 г. соискатель окончила Федеральное государственное

автономное образовательное учреждение высшего образования «Севастопольский государственный университет» по специальности «физика».

Рубакина В.А. окончила в 2020 г. очную аспирантуру Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Морской гидрофизический институт РАН».

Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов выдано 12.09.2019 г. Федеральным государственным бюджетным учреждением науки Федеральным исследовательским центром «Морской гидрофизический институт РАН».

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук Кубряков Арсений Александрович работает ведущим научным сотрудником и заведующим лабораторией инновационных методов и средств океанологических исследований отдела дистанционных методов исследований Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Морской гидрофизический институт РАН» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

По результатам рассмотрения диссертации Рубакиной В.А. «Суточные колебания температуры верхнего слоя Черного моря и их вклад в изменчивость вертикальной термической структуры вод» принято следующее заключение:

Оценка выполненной соискателем работы.

Диссертация Рубакиной В.А. посвящена исследованию суточных колебаний температуры верхнего слоя Черного моря и изучению их вклада в изменчивость вертикальной термической структуры вод.

Мониторинг и исследование особенностей суточных колебаний температуры поверхностного слоя моря/океана (ТПМ/ТПО) является одной из наиболее актуальных задач современной океанологии, поскольку эти высокочастотные колебания вносят существенный вклад в турбулентный

обмен теплом и импульсом между океаном и атмосферой, оказывают воздействие на формирование ветров. Изменения стратификации вод, связанные с суточными колебаниями потоков тепла, влияют на физические и биогеохимические процессы в верхних слоях моря (океана). Учет суточного хода температуры важен для моделирования системы «океан-атмосфера», долгосрочных климатических трендов температуры и различных процессов в океане, а также для систем прогноза. Также тема работы представляет интерес, поскольку для района Черного моря работ, посвященных детальным исследованиям пространственных и временных особенностей ТПМ практически нет.

В диссертационной работе выполнено исследование суточного хода температуры поверхностного слоя Черного моря на основе данных термопрофилирующих дрейфующих буев и сканера SEVIRI с высоким временным разрешением. Рассмотрен суточный ход температуры на различных глубинах, исследована его пространственная и временная изменчивость, представлен сравнительный анализ данных дистанционного зондирования и контактных измерений, проведен статистический анализ событий дневного прогрева, выделены и проанализированы события экстремального дневного прогрева и условия их формирования на основе спутниковых и контактных данных.

Проведен анализ зависимости амплитуды суточного хода температуры от различных гидрометеорологических и гидрофизических факторов (скорости ветра, потоков тепла, вертикальной компоненты скорости течений, коэффициентов поглощения в оптическом и ИК диапазоне, доли оптического излучения) на основе результатов численного моделирования с использованием одномерной гидродинамической модели РОМ. С использованием одномерной интегральной модели верхнего квазиоднородного слоя (ВКС) исследовано одновременное влияние двух факторов – суточного хода потока тепла, поступающего на поверхность моря

и скорости ветра на суточный ход толщины ВКС и амплитуду суточного хода температуры.

Выполнена оценка перепада температуры в скин-слое и исследована его зависимость от скорости ветра, потоков тепла, рассмотрена его сезонная и суточная изменчивость в теплый период года. Для Черного моря определены условия, в которых применима теория скин-слоя Саундерса.

На основе результатов численного моделирования проанализировано распределение суточного хода температуры вод Черного моря на различных горизонтах, рассмотрена взаимосвязь суточных колебаний температуры со стратификацией и прогревом глубинных слоев вод в весенний период.

Диссертация Рубакиной В.А. «Суточные колебания температуры верхнего слоя Черного моря и их вклад в изменчивость вертикальной термической структуры вод» по объему выполненных исследований, новизне результатов, научному и практическому значению отвечает требованиям п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Личное участие соискателя в получении результатов, изложенных в диссертации.

Соискателем совместно с научным руководителем определена актуальность темы исследования, поставлена цель и сформулированы основные задачи. Соискателем лично выполнен аналитический обзор имеющихся литературных данных о современных подходах к изучению суточного хода температуры поверхностного слоя вод.

Автор участвовал в планировании и выборе методов исследований, разработке программ обработки данных, подготовке текстов статей и полной обработке всех представленных в работе данных: спутниковых и контактных измерений, данных реанализов и результатов численного моделирования. Автор принимал участие в постановке и проведении численных экспериментов, а также в интерпретации полученных результатов.

Автором лично выполнен сравнительный анализ данных дистанционного зондирования и измерений термодрифтеров, а также валидация по спутниковым данным результатов расчета с использованием модели NEMO. Лично соискателем проведено исследование пространственных и сезонных особенностей суточного хода температуры, рассмотрена связь его амплитуды с различными гидрометеорологическими факторами, исследовано статистическое распределение событий дневного прогрева, выполнены расчеты с использованием модели POM.

Обобщение, анализ и интерпретация полученных результатов выполнены автором совместно с научным руководителем.

Степень достоверности результатов проведенных исследований.

Достоверность научных результатов подтверждается проведенной многосторонней валидацией используемых данных контактных и спутниковых измерений, а также результатов численного моделирования. Выполнен сравнительный анализ данных сканера SEVIRI и контактных измерений термодрифтеров, проведено сопоставление результатов расчета с использованием модели NEMO и данных сканера SEVIRI. Сравнительный анализ и валидация показали хорошее согласование сопоставляемых данных. Полученные результаты также согласуются с результатами исследований в других регионах, опубликованными в литературе.

В работе использовались статистически значимые ряды данных – массивы спутниковых и контактных измерений за многолетний период (данные сканера SEVIRI с 2005 по 2016 гг., результаты измерений термодрифтеров за 2005–2007, 2009, 2013–2014 гг.). 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 семинарах ФГБУН ФИЦ МГИ, на российских и международных конференциях, школах и были опубликованы в ведущих рецензируемых отечественных журналах.

Научная новизна результатов проведенных исследований.

1. Получено, 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.

2. Наибольшие амплитуды суточного хода температуры приходятся на весенне-летний период. В среднем, максимальные величины температуры и амплитуды суточного хода имеют место в юго-восточной части черноморского бассейна, где находится зона ветровой тени. 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. Определена зависимость амплитуды суточного хода температуры от скорости ветра, потоков тепла, температуры воздуха, исследовано ее распределение в различные месяцы года для различных интервалов скоростей ветра.

3. 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.

4. Установлены сезонные и пространственные особенности суточных колебаний температуры на различных горизонтах, глубина проникновения суточных колебаний, их интенсивность, связь с вертикальной компонентой скорости течений.

5. 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 результатов работы.

Выполненный в работе сравнительный анализ данных, полученных прибором на геостационарной орбите SEVIRI, с контактными измерениями и результатами численного моделирования демонстрирует перспективные возможности использования данных этого сканера для исследования различных короткопериодных процессов и явлений в Черном море.

Определены условия возникновения событий значительного и экстремального дневного прогрева, а также закономерности формирования зон интенсивного дневного прогрева. В работе представлены результаты статистического анализа событий дневного прогрева на основе большого массива данных дистанционного зондирования и контактных измерений.

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

Ценность научных работ соискателя.

Ценность научных работ соискателя заключается в расширении знаний о суточном ходе температуры в поверхностном слое вод Черного моря с использованием современных данных дистанционного зондирования и контактных измерений с высоким временным разрешением, а также результатов численного моделирования. Новые сведения получены об особенностях сезонного хода суточных колебаний, пространственном, в частности, вертикальном распределении суточных колебаний.

Специальность, которой соответствует диссертация.

Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 1.6.17 – «океанология», отрасль наук – физико-математические науки.

Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем.

По теме диссертации опубликовано в соавторстве 20 научных работ, из них 4 статьи в рецензируемых научных журналах и 16 тезисов докладов на Всероссийских и Международных конференциях.

Требованиям ВАК при Минобрнауки России удовлетворяют 4 работы в рецензируемых российских и зарубежных научных изданиях [1–4]. В их числе 3 работы в рецензируемых научных изданиях, входящих в наукометрическую базу Web of Science [1, 3, 4] и 4 работы в изданиях, входящая в наукометрическую базу SCOPUS [1–4].

Статьи в рецензируемых журналах

1. **Rubakina V.A.** Seasonal Variability of the Diurnal Cycle of the Black Sea Surface Temperature from the SEVIRI Satellite Measurements / V.A. Rubakina, A.A. Kubryakov, S.V. Stanichny // Physical Oceanography, [e-journal]. – 2019. – V. 26, № 2. – P. 157–169. DOI: 10.22449/1573-160X-2019-2-157-169. (Рубакина В.А. Сезонная изменчивость суточного хода температуры поверхностного слоя Черного моря по данным сканера SEVIRI / В.А. Рубакина, А.А. Кубряков, С.В. Станичный // Морской гидрофизический журнал. – 2019. – Т. 35, № 2. – С. 171–184. – DOI: 10.22449/0233-7584-2019-2-171-184).

2. **Рубакина В.А.** Сезонный и суточный ход температуры вод Черного моря по данным термопрофилирующих дрейфующих буев / В.А. Рубакина, А.А. Кубряков, С.В. Станичный // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2019. – Т. 16, № 5. – С. 268–281. – DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-5-268-281.

3. **Rubakina V.A.** Seasonal and Diurnal Variability of the Thermal Skin Layer Characteristics Based on a Comparison of Satellite Measurements by SEVIRI and Data from Temperature-Profiling Drifters / V.A. Rubakina,

A.A. Kubryakov, S.V. Stanichny // *Izvestiya. Atmospheric and Oceanic Physics.* – 2021. – V. 57, № 9. – P. 950–961. DOI: 10.1134/S0001433821090607. (Рубакина В.А. Сезонная и суточная изменчивость характеристик термического скин-слоя на основе сопоставления спутниковых измерений SEVIRI и данных термопрофилирующих буев / В.А. Рубакина, А.А. Кубряков, С.В. Станичный // *Исследования Земли из космоса.* – 2021. – № 3. – С. 30–44. – DOI: 10.31857/S020596142102007X).

4. **Rubakina V.A.** Properties of the Vertical Distribution of Diurnal Temperature Variations in Different Seasons in the Black Sea Based on the NEMO Model Data / V.A. Rubakina, A.A. Kubryakov, S.V. Stanichny, A.I. Miziuk // *Izvestiya. Atmospheric and Oceanic Physics.* – 2022. – V. 58, № 1. – P. 54–67. DOI: 10.1134/S000143382201011X. (Рубакина В.А. Особенности вертикального распределения суточного хода температуры в различные сезоны в Черном море на основе данных модели NEMO / В.А. Рубакина, А.А. Кубряков, С.В. Станичный, А.И. Мизюк // *Известия Российской академии наук. Физика атмосферы и океана.* – 2022. – № 1. – С. 63–78. – DOI: 10.31857/S0002351522010114).

Цитирования материалов и отдельных результатов других авторов в диссертации оформлены соответствующим образом. Результаты диссертационной работы в полной мере опубликованы в рецензируемых научных изданиях, удовлетворяющих требованиям ВАК Российской Федерации.

Диссертация «Суточные колебания температуры верхнего слоя Черного моря и их вклад в изменчивость вертикальной термической структуры вод» Рубакиной Валентины Александровны рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.6.17 – «океанология».

Заключение принято на заседании Общеинститутского научного семинара Федерального государственного бюджетного учреждения науки

