

ОТЗЫВ

**официального оппонента Заболотских Елизаветы Валериановны, 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**

Диссертация Рубакиной Валентины Александровны посвящена исследованию суточных колебаний температуры верхнего слоя Черного моря и рассмотрению их влияния на термическую структуру вод. Работа представляет интерес и является актуальной. **Актуальность** работы определяется тем, что высокочастотные колебания температуры верхнего слоя моря (ТПМ) вносят существенный вклад в турбулентный обмен теплом и импульсом между океаном и атмосферой, а исследований, посвященных данной тематике, очень мало. С появлением современных приборов дистанционного зондирования и контактных измерений, которые позволяют получить данные о температуре с высоким временным разрешением, возможности для исследования суточных колебаний температуры существенно расширились. Современные численные модели также позволяют рассмотреть особенности суточных колебаний, их вертикальное распределение и зависимость от различных факторов.

Целью работы являлось исследование суточных колебаний термических характеристик верхнего слоя Черного моря под влиянием различных гидрометеорологических факторов на основе комплексного анализа данных измерений и результатов моделирования. Для достижения этой цели в работе решались следующие задачи:

1. Анализ суточного хода температуры поверхностного слоя вод Черного моря на основе данных измерений сканера SEVIRI, термопрофилирующих дрейфующих буев и результатов численного моделирования.

2. Исследование зависимости амплитуды суточного хода температуры от поля ветра, потоков тепла, температуры воздуха и вертикальной компоненты скорости течений, а также определение ее сезонной изменчивости.

3. Оценка перепада температуры в скин-слое на основе данных SEVIRI и термодрифтеров и исследование его сезонной и суточной изменчивости и зависимости от гидрометеорологических параметров. Оценка условий существования выраженного скин-слоя и условий применимости модели скин-слоя Саундерса для района Черного моря.

4. Анализ вертикального распределения характеристик суточных колебаний температуры по данным численного моделирования и контактных измерений термодрифтеров в зависимости от различных гидрометеорологических факторов.

5. Исследование влияния суточного хода температуры на вертикальную термическую структуру вод и толщину верхнего квазиоднородного слоя (ВКС).

Все представленные исследования применительно к Черному морю являются новыми, поэтому **научная новизна** диссертационной работы не вызывает сомнений.

Диссертационная работа состоит из введения, пяти разделов и заключения. Во введении раскрываются актуальность работы, ее научная новизна, описаны теоретическая и практическая значимость результатов, личный вклад автора, положения, выносимые на защиту, обоснована достоверность результатов проведенных исследований.

В первом разделе представлены современные подходы к исследованию суточного хода температуры поверхностного слоя вод. Выполнен обзор работ, посвященных изучению суточных колебаний температуры на основе дистанционных и контактных данных в различных районах Мирового океана. Отдельная часть раздела посвящена подходам к численному моделированию суточной изменчивости температуры.

Второй раздел описывает результаты исследования суточного хода температуры поверхностного слоя Черного моря на основе данных с высоким

временным разрешением сканера на геостационарной орбите SEVIRI и контактных измерений термодрифтеров. Выполнено сопоставление данных SEVIRI и термодрифтеров, рассмотрен средний суточный ход ТПМ и его сезонная динамика за 12 лет, 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. Проведен 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, рассмотрена сезонная изменчивость ТПМ для различных интервалов скоростей ветра.

В третьем разделе исследуется зависимость амплитуды суточного хода температуры от различных гидрометеорологических факторов с использованием численного моделирования. На основе одномерной интегральной модели ВКС получена зависимость амплитуды суточного хода температуры от поля ветра и полного потока тепла. Результаты численных экспериментов с использованием одномерной гидродинамической модели РОМ позволили исследовать влияние ветра и вертикальной компоненты скорости течений на амплитуду суточного хода температуры и толщину ВКС. На основе модели РОМ также выполнен ряд экспериментов по моделированию событий экстремального дневного прогрева.

В четвертом разделе рассмотрены характеристики и изменчивость скин-слоя Черного моря на основе данных SEVIRI и термодрифтеров. Выполнена оценка перепада температуры в скин-слое как разница температуры по данным сканера и температуры в слое 0,2 м по данным термодрифтеров и исследована зависимость этой величины от скорости ветра в различные сезоны года и ее суточная изменчивость при различных скоростях ветра. Проанализировано

одновременное влияние скорости ветра и различных потоков тепла, а также относительной влажности на величину перепада температуры скин-слоя. Выполнена оценка условий применимости теории скин-слоя Саундерса для района Черного моря.

В пятом разделе представлены результаты исследования суточного хода температуры вод Черного моря на различных горизонтах, а также рассмотрена его связь со стратификацией по результатам численного моделирования с использованием модели с высоким временным разрешением NEMO. Проведен сравнительный анализ данных SEVIRI и результатов расчета с использованием NEMO, который показал, что NEMO достаточно хорошо воспроизводит пространственные особенности распределения температуры, сезонную изменчивость, а также суточный и средний суточный ход температуры.

В Заключение перечислены основные результаты проведенных в рамках диссертационной работы исследований. Для каждой из глав и разделов диссертации указаны конкретные выводы. Основные научные выводы работы в сжатом виде сформулированы в автореферате.

Диссертация Рубакиной Валентины Александровны выполнена на очень высоком профессиональном уровне, а описание работы, несмотря на немногочисленные недочеты и опiski, оставляет прекрасное впечатление как благодаря ясной логике изложения, так и благодаря грамотному хорошему научному языку. Применительно к такой замечательной работе не хочется формулировать мелких замечаний по поводу каких-либо неясностей по тексту или графическому материалу. Объем работы огромный, но его подача достаточно компактная, без лишней «воды» в тексте. Очевидно, что формулировки отточены, в том числе, в ходе подготовки большого количества публикаций по теме диссертационной работы.

Тем не менее, у меня, как специалиста по дистанционным методам, есть одно существенное замечание к работе. Говоря о любых спутниковых измерениях (в данном случае, об измерениях ТПИМ сканером SEVIRI), в первую очередь следовало бы рассказать об этих измерениях, об алгоритмах

определения ТПМ, их точности, ограничениях и т.д. Из этих рассуждений должно бы было сформироваться представление о том, что несмотря на то, что сканер измеряет излучение именно скин-слоя, значения ТПМ рассчитываются на основе алгоритмов, калибруемых с использованием данных измерений буев. В первой главе автор достаточно подробно рассказывает о сравнении данных о ТПМ с SEVIRI с данными, полученными с других приборов или другими методами, и говорит о точности данных SEVIRI по сравнению с измерениями дрейфтеров. Но при этом не задается вопросом: а правомерно ли оценивать точность измерений ТПМ по данным SEVIRI, сравнивая их с измерениями буйковых дрейфтеров, а потом использовать эту разницу в измерениях как ключевой параметр, свидетельствующий о наличии или отсутствии скин-слоя. Проблема заключается в том, что сканеры должны измерять температуру скин-слоя, а фактически измеряют ту температуру, которая использовалась при определении коэффициентов, входящих в алгоритмы. Более того, в документе OSI SAF (ATBD для MSG/SEVIRI SST) прямо сказано, что данный продукт следует рассматривать как температуру не скин-слоя, а слоя под ним (sub skin layer). В работе анализируется изменчивость температур порядка десятых долей градуса, и при этом нет подраздела, посвященного анализу особенностей алгоритмов определения ТПМ по данным инфракрасных сканеров (а ведь существуют дневные и ночные, глобальные и региональные алгоритмы). Традиционно коэффициенты в алгоритмах калибруются таким образом, чтобы ТПМ по данным ИК измерений не имели глобальных систематических смещений относительно измерений буев (см., например, Picart S.S. et al., 2020). Если предположить, что чаще всего температура скин слоя ниже ТПМ слоя глубиной 20 см, то часть реальных различий в температурах разных слоев будет похоронена такой калибровкой. Как учет данного факта может сказаться на оценке точности результатов данной работы?

Тем не менее, научная работа - это всегда работа в рамках большого количества ограничений, предположений, допущений и т.д. Моё замечание больше относится к пожеланию в дальнейшем при работе с данными

дистанционного зондирования (особенно с готовыми спутниковыми продуктами) понимать их ограничения и соответственно интерпретировать результаты исследований.

Высказанное замечание не влияет на общую высокую положительную оценку работы. **Обоснованность выводов работы не вызывает сомнений, результаты диссертации достоверны, научно обоснованы и прошли широкую апробацию.** Все основные результаты диссертации 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», а также 16 тезисов докладов на научных конференциях, входящих в базу данных РИНЦ. Материалы диссертации прошли апробацию на 14 конференциях всероссийского и международного уровня.

Автореферат раскрывает содержание диссертации в полной мере.

Заключение по диссертационной работе.

Диссертация Рубакиной Валентины Александровны представляет собой законченное актуальное научное исследование, в котором на основании выполненных автором работ получены обоснованные новые результаты, достоверность которых подтверждена анализом экспериментальных данных. Работа выполнена автором самостоятельно. В диссертации автор надлежащим образом ссылается на цитируемые источники, заимствованные материалы и их авторов.

Считаю, что диссертация Рубакиной В.А. «Суточные колебания температуры верхнего слоя Черного моря и их вклад в изменчивость вертикальной термической структуры вод» является завершенной научно-исследовательской работой, выполненной на актуальную тему, и соответствует пункту 7 «Положения о порядке присуждения ученых степеней». Диссертация отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее

автор, Рубакина Валентина Александровна, заслуживает присуждения степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.6.17 – Океанология.

Официальный оппонент

Доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник
Лаборатории спутниковой океанографии Федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский
государственный гидрометеорологический университет»

195196, г. Санкт-Петербург, Малоохтинский просп., 98

Телефон: +79217726082

E-mail: liza@rshu.ru

Заболотских Елизавета Валериановна

Подпись Заболотских Елизаветы Валериановны удостоверяю

Ученый секретарь Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования «Российский
государственный гидрометеорологический университет»

Алексеева Екатерина Геннадьевна

«3» марта

2023 г.

