

УТВЕРЖДАЮ

Директор
Федерального государственного
бюджетного учреждения
«Государственный океанографический
институт имени Н.Н. Зубова»
(ФГБУ «ГОИН»)
кандидат географических наук, доцент

Ивачёв И.В.

2021 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации

Федерального государственного бюджетного учреждения «Государственный океанографический институт имени Н.Н. Зубова» на диссертационную работу
Марковой Натальи Владимировны
«ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ГЛУБОКОВОДНЫХ ТЕЧЕНИЙ
ЧЕРНОГО МОРЯ НА ОСНОВЕ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ»,
представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.28 – океанология

Диссертационная работа Марковой Н.В. выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Федеральном исследовательском центре «Морской гидрофизический институт РАН» (ФГБУН ФИЦ МГИ), г. Севастополь. Диссертационная работа посвящена исследованию глубоководных течений Черного моря на основе результатов численного моделирования.

На отзыв ведущей организации были представлены диссертация (объемом 173 стр.) и автореферат (24 стр.). Текст диссертации состоит из введения, трех разделов, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы из 222 источников и приложений.

Во **введении** диссертации раскрывается актуальность и степень разработанности темы, формулируются цель, задачи исследования и положения,

выносимые на защиту, показывается научная новизна результатов. Также приводится основная информация по используемым методам и методологии исследования, структуре и объему работы, связи с научными программами. Отражены личный вклад соискателя, теоретическая и практическая значимость исследования, степень достоверности и апробация полученных результатов.

Актуальность темы диссертации не вызывает сомнений. Несмотря на внушительное общее число исследований Черного моря, большинство из них посвящено изучению процессов в верхнем слое вод. При этом глубоководная циркуляция (на глубинах более 300 м) и в настоящее время остается изученной крайне слабо. Из-за недостаточного количества проводимых наблюдений единого четкого представления о структуре и изменчивости глубоководных течений до сих пор не сформировано и убедительного решения отдельных вопросов (например, о наличии глубинных противотечений) не представлено. Численное моделирование на современном этапе развития (при максимальном учете накопленных натурных данных) может способствовать получению новых знаний о глубоководных течениях Черного моря и уточнению трехмерной структуры поля скорости в бассейне в целом. Используемое в качестве основного **метода исследования**, численное моделирование является наиболее эффективным способом воспроизвести и проанализировать трехмерную структуру черноморской циркуляции в условиях существенной ограниченности глубоководных наблюдений. В работе применяется хорошо зарекомендовавшая себя в ряде национальных и международных проектов трехмерная нелинейная численная модель динамики Черного моря, разработанная в Морском гидрофизическом институте РАН (модель МГИ).

Научная новизна диссертационной работы представлена несколькими положениями. Наиболее важными из них представляются следующие. Впервые проведенная совместная обработка нескольких архивов данных глубоководных наблюдений. Рассчитаны поля климатических течений Черного моря с улучшенным по сравнению с предыдущим вариантом климата разрешением (5 км по горизонтали). Сопоставлены расчетные данные нескольких численных экспериментов и проведен численный анализ глубоководных течений для климатических и ре-

альных атмосферных условий (включая типичные и аномальные синоптические ситуации). Подтверждено наличие струйных течений антициклонической направленности вдоль материкового склона Черного моря во всех расчетах. Особенности глубоководных течений Черного моря определены на основе совместного анализа нескольких архивов данных многолетних натурных наблюдений и результатов численных экспериментов.

Научная и практическая значимость работы. Полученный в диссертационной работе массив трехмерных климатических полей Черного моря применяется для изучения годового хода гидрофизических параметров Черного моря и сопоставления реального состояния морской среды с ее климатическими характеристиками.

Выполненное исследование трехмерной структуры гидрофизических полей при прохождении атмосферного квазитропического циклона, приведшего к приостановке навигации в юго-западной части Черного моря в сентябре 2005 г., восполняет недостаток информации о реакции морской среды на экстремальное атмосферное воздействие, когда контактные наблюдения отсутствовали, а спутниковые данные были малопригодны для исследования вследствие сильной облачности. Это важный результат работы, поскольку последствия влияния на морскую среду аномальных циклонов изучены на данный момент недостаточно, а с учетом наблюдаемых изменений глобальной климатической системы подобные экстремальные ситуации могут повторяться.

В результате комплексного анализа результатов численных расчетов и доступных данных натурных наблюдений в работе уточнены представления о структуре и изменчивости глубоководных течений Черного моря. Этот результат важен не только с точки зрения восполнения теоретических знаний о глубоководной циркуляции Черного моря, но и для решения ряда практических задач, связанных с переносом веществ во всем бассейне, включая задачи экологической направленности.

Личный вклад диссертанта в совместные с соавторами публикации состоит в участии в проведении и анализе результатов численных экспериментов, ста-

тистической обработке данных натурных наблюдений, валидация результатов моделирования. Большой объем работы проведен соискателем самостоятельно. Сопоставлены и обобщены результаты нескольких численных экспериментов и оценок глубоководных течений по данным натурных наблюдений, проведен анализ структуры и изменчивости течений на различных временных интервалах. 14 работ из списка публикаций по теме диссертации выполнено соискателем без соавторов.

Достоверность полученных результатов. Высокая имитационная способность численной модели МГИ, используемой в качестве основного инструмента исследования, была неоднократно подтверждена результатами численных экспериментов в рамках национальных и международных проектов. Результаты расчетов климатических полей и ретроспективного анализа, рассматриваемые в диссертационном исследовании, получены с усвоением в модели данных натурных измерений, что обеспечило реалистичность воспроизведенных гидрофизических полей. Результаты прогностических расчетов валидированы с использованием данных наблюдений глубоководных поплавков ARGO и показали их хорошее согласование на глубинах более 300 м. Достоверность сделанных в диссертации заключений подкрепляется всесторонним анализом литературных источников и согласованием результатов моделирования с данными натурных наблюдений.

Поскольку результаты численного моделирования всегда следует сопоставлять с натурными данными, **в разделе 1** автором было обработано несколько массивов данных многолетних наблюдений. Анализ данных измерений скоростей течений Черного моря, собранных в Банке океанографических данных БГБУН ФИЦ МГИ, расчет лагранжевых скоростей на основе данных наблюдений автономных профилирующих буйев ARGO на глубинах их дрейфа, а также анализ данных профилирования температуры, солёности и скорости течений на полигоне Института океанологии им. П.П. Ширшова в Геленджике позволил соискателю составить общую картину обеспеченности данными глубоководных наблюдений и сделать выводы об особенностях и пространственно-временной изменчивости глубоководных течений в районах наблюдений.

Раздел 2 диссертации посвящен изучению особенностей климатических течений Черного моря по результатам моделирования с ассимиляцией климатических массивов температуры и солености (Белокопытов, 2004), построенных по данным гидрологических наблюдений в 1910–2003 гг. Детально рассматриваются особенности воспроизведенных климатических течений, выявляются основные отличия глубоководных течений от течений в верхнем слое. Установлено наличие струйных течений антициклонической направленности (противотечений), наиболее часто возникающих у северокавказского побережья, определены их характеристики.

В разделе 3 для уточнения представлений о структуре глубоководных течений Черного моря, полученных соискателем при расчете климатических полей, проводится анализ глубоководной циркуляции в реальных атмосферных условиях (для их задания используются данные моделей ALADIN, SKIRON, ERA-Interim, MM5). Обрабатываются и анализируются результаты нескольких численных экспериментов: прогностического типа и гидрофизического реанализа. На используемые при анализе ранее полученные данные даны соответствующие ссылки. Сопоставляются результаты моделирования течений для разных временных масштабов – от нескольких дней (при воздействии на море аномального «квазитропического» циклона) до 20 лет (ретроспективный анализ). Результаты расчета для 2011 г. на сетке 1,6 км валидируются с помощью данных наблюдений температуры и солености ARGO, полученными в этот период. Проведено сравнение результатов моделирования с данными вертикального профилирования скорости течений зондирующим комплексом «Аквалог» в июне 2011 г. Проведена оценка среднемноголетних полей течений на разных горизонтах.

В заключении приводятся основные результаты диссертационной работы, соответствующие основным выводам по каждому разделу.

Текст диссертации изложен грамотно, выводы аргументированы и подкреплены достаточным количеством иллюстраций в основной части работы и в приложениях. Имеются необходимые ссылки на авторов и источники заимствованных материалов и используемых данных. Основные результаты работы соответ-

ствуют поставленным цели и задачам. Содержание **автореферата** достаточно полно отражает содержание диссертации.

Список публикаций соискателя по теме диссертации состоит из 56 научных работ (15 статей в рецензируемых научных журналах, 3 статьи в рецензируемых сборниках научных трудов и 38 тезисов и материалов докладов на всероссийских и международных конференциях). Требованиям ВАК при Минобрнауки РФ соответствуют 8 опубликованных работ, что является достаточным количеством при защите кандидатской диссертации.

Материалы диссертации прошли **апробацию** более чем на 30 научных мероприятиях (конференциях, школах, семинарах) всероссийского и международного уровня.

Вместе с тем, к работе можно сделать следующие **замечания**.

1) В подразделе 1.2 для оценки глубоководных течений проанализированы данные всего 25 глубоководных станций наблюдений скорости. Возможно, для оценки течений следовало бы дополнительно рассмотреть архивные данные о температуре и солености во всем бассейне, а не только на полигоне в Геленджике.

2) Не представлен в полной мере анализ рассчитанной вертикальной скорости (имеется только рис. Б.6 в приложении с кратким комментарием к нему).

3) Гипотезы о возможных механизмах формирования квазипериодических глубинных противотечений не подкреплены результатами исследований и базируются только на литературных данных (подраздел 3.6).

4) Отдельные рисунки содержат мелкие детали и не всегда достаточно читабельны.

Отмеченные недостатки не снижают общую высокую оценку работы.

Представленная диссертация является законченной научно-квалификационной работой, полностью соответствующей требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Маркова Наталья Владимировна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.28 – Океанология.

Отзыв на диссертацию и автореферат обсужден и утвержден на семинаре Отдела численного моделирования гидрофизических процессов Федерального государственного бюджетного учреждения «Государственный океанографический институт имени Н.Н. Зубова» (ФГБУ «ГОИН») (протокол № 1 от 25 марта 2021 г.).

Отзыв составил

ведущий научный сотрудник Отдела численного
моделирования гидрофизических процессов,
и.о. зав. Лаборатории моделирования
гидродинамики прибрежной зоны
Государственного бюджетного учреждения
«Государственный океанографический институт
имени Н.Н.Зубова» (ФГБУ «ГОИН»),
кандидат физико-математических наук



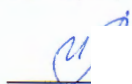
Григорьев Александр Валентинович

Сведения о ведущей организации:
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный
океанографический институт имени Н.Н. Зубова» (ФГБУ «ГОИН»)
119034, г. Москва, Кропоткинский пер., д. 6
тел./факс: +7(499) 246-72-88
e-mail: adm@oceanography.ru

Подпись А.В. Григорьева ЗАВЕРЯЮ:

Ученый секретарь ФГБУ «ГОИН»

кандидат технических наук



И.А. Вишневская

«25»

2021 г.

