

ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

о диссертационной работе Н.В. Марковой «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

Черное море является почти замкнутым бассейном и расположено в промышленно развитом регионе мира. Поэтому его экологическое состояние подвержено мощному антропогенному влиянию и требует постоянного мониторинга. На его шельфе находятся нефтяные месторождения, через него осуществляется транзит газа («Турецкий поток»), в донных отложениях обнаружены большие залежи сланцевого газа. Поэтому для решения экологических проблем и практического освоения морских ресурсов необходимо уметь прогнозировать поля течений в районах антропогенного воздействия, что невозможно без знания общей циркуляции моря и тем самым структуры и динамики глубоководных течений.

Структура течений под основным пикноклином, особенно на синоптических и мезомасштабах, на сегодняшний день изучена слабо. Необходимо отметить, что отдельные районы моря крайне бедно освещены натурными наблюдениями. А ведь, например, свал глубин, вдоль которого распространяется Основное черноморское течение (ОЧТ), является особенной зоной моря. Процессы, которые здесь развиваются, имеют фундаментальное значение для адекватной реконструкции черноморской циркуляции. Указанные пробелы в имеющейся базе данных и необходимость иметь полную картину течений требуют использования численных моделей динамики.

Численное моделирование позволяет исследовать основные гидрофизические характеристики морской среды с высокой дискретностью по пространству и времени и восполнять недостаток гидрологической информации. Однако, следует учитывать, что математическая модель не может использоваться как прямая альтернатива натурным измерениям, оба этих метода должны рассматриваться как единая система. Так, например, использование данных измерений необходимо для валидации результатов численного моделирования, а модельные данные могут быть использованы как основа при планировании работ с целью более эффективного применения имеющихся материально-технических ресурсов. Таким образом, результаты численных экспериментов, подкрепленные измерениями, которые позволяют адекватно воспроизвести схему глубоководных течений Черного моря, актуальны не только с фундаментальной точки

зрения, но и при решении практических задач диагноза и прогноза состояния морской среды.

В диссертации Марковой Н.В. основное внимание сосредоточено на анализе глубоководной циркуляции Черного моря с использованием всей имеющейся доступной информации контактных наблюдений и результатов численных экспериментов, проведенных автором и другими исследователями. Вышесказанное определяет актуальность и новизну представленного исследования.

Во введение диссертации автор представляет подробный обзор натурных данных и результатов численных экспериментов по реконструкции циркуляции Черного моря. Основное внимание уделяется информации о глубоководных течениях, вопрос о структуре которых остается открытым. Автор проводит анализ имеющихся предположений о характере глубоководной циркуляции – является ли она крупномасштабным циклоническим круговоротом или представляет собой набор крупных вихрей разного знака завихренности. Рассматриваются гипотезы о наличии течений антициклонической направленности. В результате автор делает обоснованный вывод о слабой изученности течений в нижних слоях моря. Во-первых, этот вывод обусловлен малым объемом данных наблюдений в этой зоне, во-вторых, недостаточным анализом глубоководной циркуляции, воспроизведенной в численных экспериментах и, в-третьих, отсутствием целенаправленных комплексных экспедиционных исследований. Формулируется цель работы и необходимые этапы для ее достижения.

В первом разделе работы проводится анализ всех доступных данных глубоководных натурных наблюдений. Они включают измерения скоростей течений в период 1960–2016 гг. полученные в научных экспедициях и собранные в Банке океанографических данных Морского гидрофизического института РАН, массив данных автономных дрейфующих буев-профилемеров ARGO, данные судовых СТД-измерений в 1997–2008 гг. на Черноморском полигоне Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН «Геленджик», а также результаты глубоководных измерений течений зондирующими комплексом «Аквалог» в июне 2011 г. На основе многолетних данных наблюдений рассчитаны скорости течений, которые показали некоторые особенности глубоководной циркуляции. Автор обращает внимание на смену направления течений с глубиной и усиления скорости на нижних горизонтах, наличие мезомасштабных глубоководных вихревых структур разных знаков завихренности и течений, распространяющихся вдоль материкового склона.

В разделе 2 приводится постановка задачи, описание численной модели МГИ с ассимиляцией климатических гидрологических данных о температуре и солености.

На ее основе проведен численный эксперимент на установление сроком на 20 лет модельного времени на сетке с горизонтальным разрешением 5 км. Результаты проведенного эксперимента анализируются как для верхнего слоя, так и слоя вод под основным пикноклином. Обнаружен ряд особенностей в структуре и поведении глубоководных течений. Ниже холодного промежуточного слоя (ХПС) в антициклонических вихрях формируются области более холодных, в циклонических – более теплых по сравнению с окружающими водами. Такое распределение температуры обусловлено ее повышением с глубиной ниже ХПС. Под Севастопольским антициклоном наблюдается область циклонического вращения вод, которая формируется на глубинах более 500 м.

В период с марта по июль вдоль крымского и кавказского побережий наблюдается узкое глубинное течение, которое носит антициклонический характер. Полученные результаты стали основой для дальнейших исследований глубоководной циркуляции в Черном море.

Основным разделом работы является третий. В нем рассматриваются результаты прогностических экспериментов, проведенных на базе усовершенствованной численной модели (использование модели турбулентности Меллора- Ямады для расчета коэффициентов турбулентной вязкости и диффузии) с горизонтальным разрешением 1,6 км. Расчеты проводились с реальным атмосферным воздействием для 2006, 2010, 2011 и 2013 гг.

Как одной из причин формирования особенностей глубоководных течений, проведен анализ действия мощного и компактного («квазитропического») циклона, проходившего над Черным морем в сентябре 2005 года.

Также в работе исследуются результаты реанализа гидрофизических полей Черного моря за период 1992–2012 гг., проведенного в отделе динамики океанических процессов Морского гидрофизического института РАН.

Автор обобщил полученные результаты и сделал следующие выводы. На глубинах более 300 м циклонический круговорот ОЧТ как единое образование отсутствует, хотя его наиболее интенсивная западная ветвь обнаруживается до горизонтов 700–1200 м. В центральной части моря для всех сезонов наблюдаются мощные мезомасштабные циклонические вихри, антициклонические вихри – менее интенсивны и распространяются преимущественно вдоль материкового склона. Автор показал, что в проанализированных результатах численных экспериментов и доступных данных наблюдений обнаружены квазипериодические узкие течения, которые распространяются вдоль свала глубин в антициклоническом направлении.

В Заключении приводятся основные результаты диссертации.

Материалы диссертации Н.В. Марковой опубликованы в 56 научных работах, из которых 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 России удовлетворяют 8 работ, в их числе 4 публикации в рецензируемых научных изданиях, входящих в научометрические базы SCOPUS и Web of Science. 16 работ выполнено без соавторов.

Считаю, что работа Н.В. Марковой соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям по физико-математическим наукам, и может быть принята к защите по специальности 25.00.28 – океанология.

Научный руководитель:

главный научный сотрудник, заведующий отделом теории волн

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Морской гидрофизический институт РАН»,
доктор физико-математических наук

Демышев Сергей Германович

28.09.2020 г.

Адрес: 299011, г. Севастополь, ул. Капитанская, 2,

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Морской гидрофизический институт РАН»

e-mail: demyshev@mhi-ras.ru

тел.: +7(8692)540291

Подпись Демышева Сергея Германовича удостоверяю

Ученый секретарь

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

кандидат физико-математических наук

Алексеев Дмитрий Владимирович

