

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора физико-математических наук Реснянского Юрия Дмитриевича на диссертационную работу Лишаева Павла Николаевича «Восстановление гидрофизических полей Черного моря на основе использования данных альтиметрии и ограниченных контактных измерений», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.6.17 – Океанология.

Диссертация посвящена развитию одного из подходов к решению задачи усвоения океанографических данных – предложенного ранее (Knysh et al., 2008; Мизюк, 2014) метода адаптивной статистики. Развитие метода выполнено путем уточнения дисперсий ошибок прогноза с использованием модельных расчетов на 20-летнем интервале времени и специальных предположений о вкладе различных источников в уравнения переноса-диффузии тепла и соли.

Актуальность. Разработка методов усвоения данных относится к числу актуальных задач оперативной океанографии, определяемой как деятельность, включающая регулярное проведение океанографических и морских метеорологических наблюдений, их быструю интерпретацию и доведение до пользователей интересующей их информации в удобной форме. Подготовка такой информации невозможна без усвоения данных. Задача усвоения является актуальной в связи с востребованностью получаемой в результате её решения диагностической и прогностической информации о состоянии морской среды для информационного обеспечения многих отраслей морской хозяйственной деятельности: мореплавание, рыболовство, рекреация, добыча полезных ископаемых в шельфовых зонах и пр. Высокое качество диагноза и прогноза состояния морской среды является также залогом эффективного решения экологических задач, таких как расчет дальнего переноса примесей в океане, оценка последствий аварийных выбросов в морскую среду, проектные оценки воздействий на окружающую среду.

Новизна. Для эффективной реализации метода адаптивной статистики выполнены исследования, обеспечившие выявление «базовой» термохалинной стратификации в Черном море и обоснование простой зависимости глубины залегания изохалин от уровня моря. Развитые в работе подходы позволили создать способ получения информативных оценок текущего состояния гидрофизических полей в условиях разнородности доступных для усвоения данных, часть которых является многочисленными, но ограниченными по числу наблюдаемых переменных (альтиметрия), а другая их часть не обеспечивает сплошного покрытия, относясь лишь к ограниченной части рассматриваемой области, хотя и охватывает большее число измеряемых параметров. Комбинирование таких данных направлено на получение информативных оценок состояния термохалинных полей Черного моря.

Содержание работы.

Диссертация состоит из введения, трех разделов, заключения списков сокращений и использованных источников, насчитывающих 109 источников.

Во Введении приводятся предусмотренные ГОСТ Р 7.0.11–2011 сведения об актуальности темы исследования, степени её разработанности, целях и задачах работы, научной новизне, теоретической и практической значимости работы, методах исследования, положениях, выносимых на защиту, степени достоверности и апробации результатов работы, связи с научными программами и темами, личном вкладе автора и публикациях по теме диссертации.

В первом разделе диссертации исследуется методика совместного анализа ограниченных по объему данных контактных измерений температуры воды и её солёности в совокупности с гораздо более многочисленными данными альтиметрических измерений. В основу методики положено предположение о существовании устойчивой зависимости между данными того и другого типов. Оценены параметры такой зависимости и предложена методика восстановления трехмерных полей температуры воды и её солёности по данным альтиметрических измерений уровня моря.

Во втором разделе проанализирована межгодовая и синоптическая изменчивость гидрофизических полей Черного моря по данным численного моделирования с использованием вихреразрешающей гидродинамической модели, включающей усвоение осредненных профилей температуры и солёности воды. Прослежены сезонные особенности синоптической изменчивости в их связи с эволюцией Основного черноморского течения.

В третьем разделе выполнен ретроспективный анализ гидрофизических полей Черного моря с усвоением промежуточных оценок трехмерных полей температуры и солёности воды, получаемых на предыдущем этапе анализа данных. В основу методики анализа положен предложенный ранее (Knysh et al., 2008; Мизюк, 2009, 2014) метод адаптивной статистики. Приведены оценки точности восстановленных полей в различных диапазонах глубин.

Практическая и научная ценность результатов работы заключается в применении оригинальных алгоритмов, позволяющих объединить в рамках единой методологии усвоение разнородных данных с целью получения информативных оценок состояния гидрофизических полей Черного моря.

Обоснованность и достоверность научных положений и выводов подтверждается сопоставлением полученных с использованием предложенного метода диагностических оценок состояния термохалинных полей с данными непосредственных наблюдений буев-профилемеров Argo (Roemmich et al., 2009) и с данными независимого анализа гидрофизических полей Черного моря (Дорофеев, Сухих, 2017а; Дорофеев, Сухих, 2017б)/

Замечания по работе:

1. Во вводной части работы при перечислении известных методов усвоения данных к вариационным методам усвоения данных отнесены лишь методы 4D-Var, требующие больших вычислительных затрат и сложные в реализации. Упущены из внимания возможно даже более широко распространенные методы трехмерного вариационного усвоения данных 3D-Var. См., например:

Цырульников М.Д., Свиренко П.И., Горин В.Е., Горбунов М.Е., Климова Е.Г. Разработка схемы трёхмерного вариационного усвоения данных в Гидрометцентре России // В кн.: 80 лет Гидрометцентру России. М.: ТРИАДА ЛТД. 2010. –С. 21–35

Weaver, A. T., Vialard, J. and Anderson, D. L. T., 2003: Three- and four-dimensional variational assimilation with an ocean general circulation model of the tropical Pacific Ocean. Part 1: formulation, internal diagnostics and consistency checks. Mon. Wea. Rev., 131, 1360–1378.

Li, Z.J., Y. Chao, J.C. McWilliams & K. Ide. 2008a. A three-dimensional variational data assimilation scheme for the Regional Ocean Model. Syst. J. Atmos. Oceanic Tech., 25: 2074–2090.

Gauthier, P., Charette, C., Fillion, L., Koclas, P., & Laroche, S. (1999). Implementation of a 3D variational data assimilation system at the Canadian Meteorological Centre. Part I: The global analysis. Atmosphere-Ocean, 37(2), 103–156.
<https://doi.org/10.1080/07055900.1999.9649623>

Massart, S.; Pajot, B.; Piacentini, A.; Pannekoucke, O., 2010, [On the Merits of Using a 3D-FGAT Assimilation Scheme with an Outer Loop for Atmospheric Situations Governed by Transport](#). Monthly weather review, 2010-12, Vol.138 (12), p.4509-4522

2. Представляется неудачным термин «псевдоизмерения» по отношению к предварительным оценкам трехмерных полей температуры и солености воды на основе немногочисленных данных контактных измерений и подробных данных альтиметрических измерений. Уместнее было бы просто называть их «промежуточными

оценками трехмерных полей температуры и солености воды», коль скоро их получение представляет собой предварительную стадию формирования окончательных результатов усвоения данных.

3. Остается открытым вопрос о применимости разработанной методологии, опробованной на примере Черного моря, к другим морским объектам. В диссертации отсутствуют пояснения о возможности применения методики или её аналогов к Мировому океану или другим морям. Без таких пояснений область применимости полученных результатов оказывается весьма ограниченной. В этой связи неясно, каким образом выполненная работа связана с таким проектом как указанный в подразделе **«Связь с научными программами, планами, темами»** проект РНФ «Новые методы и суперкомпьютерные технологии анализа и прогноза Мирового океана и Арктического бассейна», № 17-77-30001 (2018 – 2020гг.).

4. Поскольку предметом разработки являются в том числе и численные алгоритмы, то для оценки качества таких алгоритмов хотелось бы иметь информацию о вычислительных затратах, требующихся для реализации предложенных алгоритмов в сравнении с известными алгоритмами. В работе такие оценки не приводятся.

Имеется также ряд чисто технических замечаний. А именно:

1. Список сокращений и условных обозначений на самом деле содержит лишь сокращения. В нем отсутствуют какие-либо обозначения.

2. В списке литературы нарушен предусмотренный Национальным стандартом ГОСТ Р 7.0.11–2011 порядок упоминания русскоязычных и англоязычных источников (англоязычные предшествуют русскоязычным).

Общая оценка работы. Отмеченные недостатки не умаляют значимость полученных в диссертации результатов и не влияют на общую положительную оценку работы, выполненной на высоком научном уровне.

Автор обнаруживает понимание теории формирования термохалинной структуры моря и способов её применения для решения конкретных задач, относящихся к практическим приложениям теоретических положений.

Автореферат адекватно отражает содержание диссертации в части её основных результатов.

Содержание работы и полученные научные результаты соответствуют паспорту научной специальности 1.6.17 – Океанология. Результаты диссертации опубликованы в 10

работах, удовлетворяющих требованиям ВАК. Считаю, что диссертация удовлетворяет критериям, установленным Положением о присуждении учёных степеней, в том числе пп. 9-14, а её автор, Лишаев Павел Николаевич, заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.6.17 – Океанология.

Я, Реснянский Юрий Дмитриевич, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета.

Официальный оппонент, доктор физико-математических наук (специальность 25.00.29 – физика атмосферы и гидросферы), главный научный сотрудник лаборатории исследований и моделирования морских гидрометеорологических процессов отдела морских гидрологических прогнозов Федерального государственного бюджетного учреждения «Гидрометцентр России»



Реснянский
Юрий Дмитриевич

«12» февраля 2025 г.

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Гидрометеорологический научно-исследовательский центр Российской Федерации», 123376, Россия, г. Москва, Большой Предтеченский переулок, д. 13, строение 1.

Телефон: 8 (499) 252-34-48.

E-mail: resny@mail.ru.

Собственноручную подпись Реснянского Юрия Дмитриевича удостоверяю

Заместитель директора ФГБУ
«Гидрометцентр России», кандидат
физико-математических наук



Киктев Дмитрий
Борисович

«12» февраля 2025 г.