

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.229.02,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЦЕНТРА
«МОРСКОЙ ГИДРОФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ РАН»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
ДОКТОРА НАУК**

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 25.10.2023 г. №24

О присуждении **Кубрякову Арсению Александровичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора физико-математических наук.

Диссертация «Изменчивость динамики вод Черного моря на сезонных и межгодовых масштабах и её влияние на морскую экосистему» по специальности 1.6.17 – океанология принята к защите 15 июня 2023 года (протокол № 23) диссертационным советом 24.1.229.02, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Морской гидрофизический институт РАН» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, адрес: 299011, г. Севастополь. ул. Капитанская, 2, создан Приказом Министерство образования и науки Российской Федерации № 137/нк от 12 февраля 2016 года.

Соискатель – **Кубряков Арсений Александрович**, 13 апреля 1985 года рождения. Диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук «Динамические характеристики верхнего слоя Черного моря по альтиметрическим измерениям» защитил в 2012 году в

диссертационном совете, созданном на базе Морского гидрофизического института Национальной академии наук Украины. Работает в должности ведущего научного сотрудника и заведующего 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.

Диссертация выполнена в отделе дистанционных методов исследований Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Морской гидрофизический институт РАН» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Официальные оппоненты:

– **Ермаков Дмитрий Михайлович**, доктор физико-математических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт космических исследований Российской академии наук, заведующий отделом «Исследования Земли из космоса»;

– **Иванов Владимир Владимирович**, доктор физико-математических наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», главный научный сотрудник кафедры океанологии географического факультета;

– **Кошель Константин Валентинович**, доктор физико-математических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева Дальневосточного отделения Российской академии наук, главный научный сотрудник лаборатории геофизической гидродинамики.

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный гидрометеорологический университет» (г. Санкт-Петербург) в своем положительном заключении, подписанном Ерёминой Татьяной Рэмовной, кандидатом физико-математических наук, директором института гидрологии и океанологии указала, что диссертационная работа А.А. Кубрякова является законченной научно-квалификационной работой, в которой выполнены исследования, имеющие важное научное и прикладное значение для исследования динамических процессов в Черном море и их воздействия на продукционные характеристики морской экосистемы. На основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение в области региональной океанологии.

В диссертации имеются необходимые ссылки на авторов и источники заимствованных материалов, в том числе – на научные работы соискателя. Результаты работы в полной мере опубликованы в рецензируемых научных изданиях, удовлетворяющих требованиям ВАК Российской Федерации.

Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 1.6.17 – океанология в части пункта 3 «Динамические процессы (волны, вихри, течения, пограничные слои) в океане» и пункта 6 «Биологические процессы в океане, их связь с абиотическими факторами среды и хозяйственной деятельностью человека, биопродуктивность районов Мирового океана».

Автореферат диссертации в достаточной мере отражает ее содержание и удовлетворяет требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 года № 842 с изменениями, утвержденными Постановлением Правительства Российской Федерации от 20.03.2021 г. №426.

Диссертация по содержанию и оформлению удовлетворяет всем требованиям действующего «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор, Кубряков Арсений

Александрович, заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук.

Соискатель имеет 306 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 125 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 39 работ. В числе последних 39 работ в журналах, входящих в наукометрическую базу Web of Science, 35 работ в рецензируемых научных изданиях, входящих в наукометрическую базу SCOPUS. 12 работ автора опубликованы в изданиях первого квартиля (Q1).

В работах соискателя, опубликованных с соавторами, конкретный вклад диссертанта состоял в постановке целей и задач исследования, выборе и разработке методов исследования и анализа, создании программного обеспечения, выполнении расчетов и анализа полученных результатов, формулировке основных научных положений и выводов, которые вошли в диссертацию. В работах исследована изменчивость динамических процессов в Черном море на сезонных и межгодовых масштабах, а также их влияние на характеристики горизонтального и вертикального обмена веществом. На основе полученных результатов выявлены механизмы, объясняющие воздействие различных физических факторов (горизонтальной и вертикальной адвекции, конвективного и ветрового перемешивания, изменения стратификации и освещенности) на особенности функционирования морских экосистем в исследуемом бассейне. Ценность диссертационной работы состоит в получении новых закономерностей формирования и изменчивости характеристик синоптических вихрей, взаимодействия динамических процессов разных масштабов, влияния крупномасштабной и вихревой динамики на термохалинную структуру вод и функционирование экосистемы Черного моря.

Все требования к публикациям основных научных результатов диссертации, предусмотренных в п. 11, 13 и 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, соблюдены.

Наиболее значительные работы:

1. **Kubryakov A.A.** Seasonal and interannual variability of the Black Sea eddies and its dependence on characteristics of the large-scale circulation / A.A. Kubryakov, S.V. Stanichny // *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*. – 2015. – Vol. 97. – P. 80–91. – DOI: 10.1016/j.dsr.2014.12.002.
2. **Kubryakov A.A.** Long-term variations of the Black Sea dynamics and their impact on the marine ecosystem / A.A. Kubryakov, S.V. Stanichny, A.G. Zatsepin, V.V. Kremenetskiy // *Journal of Marine Systems*. – 2016. – Vol. 163. – P. 80–94. – DOI: 10.1016/j.jmarsys.2016.06.006.
3. **Kubryakov A.A.** Interannual variability of Danube waters propagation in summer period of 1992–2015 and its influence on the Black Sea ecosystem / A.A. Kubryakov, S.V. Stanichny, A.G. Zatsepin // *Journal of Marine Systems*. – 2018. – Vol. 179. – P. 10–30. – DOI: 10.1016/j.jmarsys.2017.11.001.
4. **Kubryakov A.A.** Thermohaline structure, transport and evolution of the Black Sea eddies from hydrological and satellite data / A.A. Kubryakov, A.V. Bagaev, S.V. Stanichny, V.N. Belokopytov // *Progress in Oceanography*. – 2018. – Vol. 167. – P. 44–63. – DOI: 10.1016/j.pocean.2018.07.007.
5. **Kubryakov A.A.** Anomalous summer-autumn phytoplankton bloom in 2015 in the Black Sea caused by several strong wind events / A.A. Kubryakov, A.G. Zatsepin, S.V. Stanichny // *Journal of Marine Systems*. – 2019. – Vol. 194. – P. 11–24. – DOI: 10.1016/j.jmarsys.2019.02.004.
6. **Kubryakov A.A.** Seasonal Stages of Chlorophyll-a Vertical Distribution and Its Relation to the Light Conditions in the Black Sea from Bio-Argo Measurements / A.A. Kubryakov, A.S. Mikaelyan, S.V. Stanichny, E.A. Kubryakova // *Journal of Geophysical Research: Oceans*. – 2020. – Vol. 125(12). – e2020JC016790. – DOI: 10.1029/2020JC016790.
7. **Kubryakov A.A.** Extremely strong coccolithophore blooms in the Black Sea: The decisive role of winter vertical entrainment of deep water / A.A. Kubryakov, A.S. Mikaelyan, S.V. Stanichny // *Deep Sea Research Part I:*

Oceanographic Research Papers. – 2021. – 173, 103554. – DOI: 10.1016/j.dsr.2021.103554.

На диссертацию и автореферат поступили 15 отзывов, все отзывы положительные. Отзывы поступили из:

1. Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет». Отзыв подписала профессор кафедры океанологии, доктор географических наук **Белоненко Татьяна Васильевна**. Отзыв положительный без замечаний.

2. Федерального государственного бюджетного учреждения науки Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева Дальневосточного отделения Российской академии наук. Отзыв подписал заведующий отделом физики океана и атмосферы, доктор физико-математических наук, профессор, член корреспондент Российской академии наук **Пранц Сергей Владимирович**. Отзыв положительный с замечаниями:

– На основе метода автоматической идентификации вихрей в альтиметрическом поле скорости проведен анализ статистических особенностей характеристик вихрей Черного моря и их пространственной изменчивости в 1992–2011 гг. Показано, что в Черном море наблюдается больше циклонических мезомасштабных вихрей, чем антициклонических. Прежде всего, отмечу неполноту этого исследования для докторской диссертации. Альтиметрическое поле скорости доступно до настоящего времени, и можно было бы провести идентификации вихрей после 2011 г., тем более она автоматическая. Хотелось бы видеть обоснование наблюдаемой асимметрии числа циклонов и антициклонов в таком замкнутом бассейне как Черное море. Такая асимметрия наблюдается и в др. районах Мирового океана, но, насколько мне известно, не в замкнутых бассейнах. Возможно, с увеличением периода наблюдения эта асимметрия изменится.

– В Разделе 3 по спутниковым альтиметрическим измерениям приведены оценки вихревого переноса транспорта тепла и соли. Эти расчеты основаны на выделении замкнутых линий тока и оценки «радиуса» и «площади» вихря. По существу, это проблема идентификации границ ядра вихря, через которую затруднен транспорт тепла и соли, по крайней мере, благодаря чисто адвективным процессам. Эти методы не позволяют объективно определить границу ядра. Метод, используемый автором, как и большинство эйлеровых методов (критерий Окубо-Вейса, замкнутые контуры аномалий уровня и др.), субъективно определяют границы ядра и нет уверенности в том, что через эту границу не происходит обмена воды с окружающей средой. Как правило, они завышают размер и время жизни мезомасштабных вихрей (Wang, et al. The life cycle of a coherent Lagrangian Agulhas ring. *Journal of Geophysical Research: Oceans* 2016, 121, 3944 – 3954). Поэтому, если по этим критериям вычислить, например, тепло и соль, переносимые вихрями на большие расстояния, то оценки оказываются сильно завышенными (Abemathey, R., & Haller, G. (2018). Transport by Lagrangian vortices in the eastern pacific. *Journal of Physical Oceanography*, 48(3), 667-685). Существует объективный лагранжев метод идентификации границ ядер когерентных вихрей на основе вычисления разности завихренности элемента жидкости вдоль ее траектории и мгновенной пространственно усредненной завихренности в объеме жидкости. Границы ядра вихря, переносящего соль и тепло без потерь, могут быть идентифицированы как самые внешние замкнутые контуры такой величины (Haller, G. et al. Defining coherent vortices objectively from the vorticity. *Journal of Fluid Mechanics* 2016, 795, 136-173).

– В разд. 2, используя сумму геострофической и параметризованной дрейфовой скорости, разработаны лагранжевы методы расчета перемещения плавающих объектов. Эти методы применяются для изучения межгодовой изменчивости распространения дунайских вод в летний период. Показано, что распространение плюма в разные годы происходит по разным сценариям:

захват вихрями, перенос в глубоководную западную часть бассейна, запираение плюма на шельфе. Таким образом, кросс-шельфовый обмен питательными веществами происходит по разным путям (транспортным коридорам). Схемы течений и расчет траекторий лагранжевых частиц, приведенные в работе, не позволяют выявить структуры, ответственные за такое различное поведение плюма. То же относится и к распространению нефтяных пятен. Это можно сделать с помощью вычисления накопленного за определенное время показателя Ляпунова или других лагранжевых индикаторов (Prants, S.V., Uleysky, M.Y., Budyansky, M.V., 2017. Lagrangian oceanography: large-scale transport and mixing in the ocean. Berlin, New York. Springer Verlag.). Линии максимальных значений показателя Ляпунова определяют положение эволюционирующих во времени транспортных барьеров (лагранжевых фронтов), которые в свою очередь организуют поток, «притягивая» примесь и не позволяя ей пересекать барьер благодаря адвекции. Поскольку положение таких барьеров меняется медленнее поля скорости, то возникает возможность краткосрочного прогноза распространения антропогенных и природных загрязнений (см., напр., M.V. Budyansky et al. The impact of circulation features on the dispersion of radionuclides after the nuclear submarine accident in Chazhma Bay (Japan Sea) in 1985: A retrospective Lagrangian simulation. Marine Pollution Bulletin 2022, 177, 113483. S.V. Prants, et al. Lagrangian Oil Spill Simulation in Peter the Great Bay (the Sea of Japan) with a high-resolution ROMS model. Pure and Applied Geophysics. 2023. V.212. 102955).

3. Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)» и Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук. Отзыв подписал заведующий кафедрой термогидромеханики океана, руководитель лаборатории морских течений, доктор физико-математических наук, профессор, член-

корреспондент Российской академии наук **Жмур Владимир Владимирович**.

Отзыв положительный с замечаниями:

– На мой взгляд автор недостаточно внимания уделил теоретическим исследованиям по вихревой тематике и их энергетическому взаимодействию с фоновыми течениями.

– Интересны исследования автора по эволюции циркуляции Черного моря и связь с вихрями и другими физическими характеристиками моря. При этом, когда в Черном море наблюдается двухъячеистая структура, то посреди моря возникает узкая область, где встречаются два противоположно направленных течения. С точки зрения гидродинамики это очень неустойчивая ситуация. Хотелось бы понять с позиции гидромеханики почему все-таки может существовать такое явление.

4. Южного отделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук. Отзыв подписал главный научный сотрудник, заведующий Лабораторией экологии, доктор биологических наук, старший научный сотрудник **Силкин Владимир Арсентьевич**. Отзыв положительный без замечаний.

5. Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук. Отзыв подписал главный научный сотрудник, доктор биологических наук **Микаэлян Александр Сергеевич**. Отзыв положительный без замечаний.

6. Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт автоматизации и процессов управления Дальневосточного отделения Российской академии наук. Отзыв подписал заведующий лабораторией спутникового мониторинга, доктор технических наук **Алексанин Анатолий Иванович**. Отзыв положительный с замечаниями:

– При расчете транспорта тепла и соли вихрями воды используется алгоритм выделения вихрей на основе замкнутых линий тока. Внешняя замкнутая линия определяет размер перемещаемой вихрем воды. Но это

корректно только при определении такой линии в системе координат движущегося вихря. При определенной скорости перемещения вихря линии тока могут оказаться и не замкнутыми, то есть вихрь не будет перемещать воду. Учитывается ли этот эффект при расчете транспорта воды вихрями?

– При расчете поверхностных течений создана и используется оригинальная методика расчета дрейфовой скорости по данным о скорости ветра. Методика не зависит от вертикальной структуры воды. Есть аналогичная формула связи ветрового течения, скорости ветра и широты места без учета стратификации воды, проверенная на значительном объеме измерений (Ralph, E. A., & Niiler, P. P. (1999). Wind-driven currents in the tropical Pacific // *Journal of Physical Oceanography*. – Т. 29(9). – 1999. – P. 2121–2129). Почему потребовалось разрабатывать новую методику?

7. Санкт-Петербургского филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук. Отзыв подписал главный научный сотрудник, руководитель Лаборатории геофизических пограничных слоев, доктор географических наук, доцент **Зимин Алексей Вадимович**. Отзыв положительный с замечаниями:

– бросается в глаза отсутствие традиционной обзорной главы, что вероятно несколько затруднит восприятие материала работы читателям не знакомым с актуальными вопросами исследования Черноморского региона;

– в разделах автореферата, описывающих методики: выделения вихревых структур на основе замкнутых линий тока в поле скорости, параметризации поверхностной дрейфовой скорости течений по данным о скорости ветра и композитных методов анализа спутниковых и гидрологических измерений, вероятно, стоило бы кратко их описать, отметив использованные в них допущения и возможные ограничения применения.

8. Атлантического отделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук. Отзыв подписала заведующая лабораторией

физики моря, доктор физико-математических наук **Чубаренко Ирина Петровна**. Отзыв положительный с замечаниями:

– Стилистически не совсем удачно выражение: «Количество и ... энергия ...антициклонов ... находятся в противофазе с... энергией средних течений... (первое защищаемое положение, а также описание результата в подразделе 2.4 на стр. 22). В противофазе, видимо, находятся *изменения* указанных характеристик во времени.

– Фраза «Усиление горизонтального вихревого обмена в периоды ослабления завихренности ветра вызывает значительный рост концентрации хлорофилла А...на межгодовых масштабах» читается несколько противоречиво: ослабление завихренности ветра понимается как синоптическое явление, а его влияние утверждается на существенно более крупном временном масштабе.

– Представление результатов в тексте автореферата (и особенно – в рисунках) значительно выиграло бы при указании ссылок на конкретные статьи автора, в которых они были опубликованы.

9. Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук. Отзыв подписал заместитель директора, доктор географических наук, член-корреспондент Российской академии наук **Завьялов Петр Олегович**. Отзыв положительный, без замечаний.

10. Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук. Отзыв подписали главный научный сотрудник, заведующий Лабораторией гидрологических процессов, доктор физико-математических наук **Морозов Евгений Георгиевич** и ведущий научный сотрудник Лаборатории гидрологических процессов, кандидат физико-математических наук **Фрей Дмитрий Ильич**. Отзыв положительный с замечанием:

К некоторым недостаткам автореферата можно отнести отсутствие описания оценки качества альтиметрических данных применительно к

региону исследований. Известно, что спутниковая альтиметрия имеет ряд ограничений, особенно в прибрежной и мелководной зоне, а также связанных с относительно низким пространственным и временным разрешением. Вероятно, в данном случае эти ограничения не влияют на результаты работы, тем не менее этот аспект можно было бы подробно осветить в тексте автореферата.

11. Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук». Отзыв подписала заведующая отделом нелинейных геофизических процессов, доктор физико-математических наук **Троицкая Юлия Игоревна**. Отзыв положительный без замечаний.

12. Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук. Отзыв подписал старший научный сотрудник, кандидат биологических наук **Востоков Сергей Викторович**. Отзыв положительный, без замечаний.

13. Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук. Отзыв подписал ведущий научный сотрудник Лаборатории взаимодействия океана с водами суши и антропогенных процессов, доктор физико-математических наук **Осадчиев Александр Александрович**. Отзыв положительный, без замечаний.

14. Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук. Отзыв подписала ведущий научный сотрудник Лаборатория экспериментальной физики океана, кандидат физико-математических наук **Гинзбург Анна Ивановна**. Отзыв положительный с замечаниями:

– На рис. 3 автореферата показаны примеры идентифицированных вихрей по данным альтиметров: АЦ 17 сентября 2008 г. (а) и Ц 3 февраля 2010 г. (б). Напрашивается вывод о сезонности образования вихрей: АЦ в

теплый сезон и Ц в холодный. Вопрос сезонности не затронут в автореферате, дано общее и в отдельности количество идентифицированных Ц и АЦ. Но, может быть, он обсуждается в тексте диссертации.

– Механизмы образования антициклонов в Черном море обсуждались в литературе, и автором диссертации предложен новый механизм сезонной (в теплый сезон) генерации АЦ, связанный с оттоком опресненных вод с шельфа в центральную часть моря (пункт 1.4.3 автореферата). А каков механизм генерации циклонических вихрей и как он связан с интенсификацией циклонической завихренности ветра над бассейном в холодный сезон? Может быть, этот вопрос тоже обсуждается в тексте диссертации.

– Замечание редакционного характера по Списку публикаций по теме диссертации. В тех случаях, когда работа сначала опубликована в отечественном журнале на русском языке и потом переведена на английский, правильнее давать в Списке ее исходный вариант на русском и в скобках – в переводном. У автора – наоборот: русский вариант – в скобках после переводного (работы 2, 3, 4, 7, 8 и т.д.).

15. Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федеральный исследовательский центр «Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН». Отзыв подписал заведующий отделом аквакультуры и морской фармакологии, главный научный сотрудник, доктор биологических наук **Рябушко Виталий Иванович**. Отзыв положительный, без замечаний.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их высокой компетентностью в области исследования динамики океана и спутниковых измерений, а также наличием публикаций в высокорейтинговых рецензируемых изданиях по теме диссертации соискателя. Ермаков Дмитрий Михайлович является ведущим специалистом в области дистанционного зондирования Земли из космоса, Иванов Владимир Владимирович является признанным экспертом по динамике

океанических процессов, Кошель Константин Валентинович известен работами по динамике вихрей в океане. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный гидрометеорологический университет» – одна из ведущих в Российской Федерации организаций по исследованиям в области спутниковой океанологии.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

– созданы методы автоматической идентификации вихрей по спутниковым измерениям и данным численного моделирования, позволившие исследовать горизонтальное и вертикальное распределение их характеристик (радиуса, орбитальной скорости, завихренности, параметров формы, вертикальной термохалинной структуры), время жизни, скорость перемещения, повторяемость наблюдения; сезонную и межгодовую изменчивость вышеперечисленных параметров, особенности влияния синоптических вихрей на стратификацию, транспорт тепла и соли в бассейне;

– описаны механизмы влияния кросс-шельфовых потоков плавучести на интенсификацию синоптических антициклонов в Черном море и дано объяснение сезонной интенсификации антициклонов Черного моря при ослаблении крупномасштабной циклонической циркуляции;

– описано влияние крупно- и мезомасштабной динамики на ряд особенностей изменчивости термохалинной структуры Черного моря: пространственно-временную изменчивость толщины верхнего квазиоднородного слоя, долговременное увеличение солёности верхнего слоя, изменение структуры вод под действием вихревых движений;

– получены новые оценки сезонной и межгодовой изменчивости вертикального распределения основных биооптических характеристик Черного моря: концентрации хлорофилла А, показателя обратного рассеяния, фотосинтетически активной радиации (ФАР), коэффициента ослабления света на различных длинах волн в центральной части Черного моря;

– описано влияние различных физических факторов: крупномасштабной и вихревой динамики; штормового воздействия; конвективного перемешивания на горизонтальную и вертикальную изменчивость концентрации хлорофилла А и других оптических характеристик Черного моря на межгодовых масштабах;

– создана лагранжева модель расчета траекторий перемещения плавающих частиц, речных плюмов и растекания нефтяных загрязнений, основанная на спутниковых данных и данных атмосферных реанализов;

Теоретическая значимость работы заключается в расширении фундаментальных представлений о механизмах формирования и изменчивости характеристик синоптических вихрей, взаимодействия динамических процессов разных масштабов, влияния крупномасштабной и вихревой динамики на термохалинную структуру вод и обмен примесью в Черном море. Новые данные о взаимосвязи атмосферных, гидрофизических и гидробиологических процессов позволили расширить представление о динамике фитопланктонных сообществ и их изменчивости под влиянием различных процессов (штормового воздействия, зимнего выхолаживания, переноса шельфовых вод под влиянием дрейфовых и геострофических течений, изменений условий освещенности). Полученные результаты необходимы для понимания причин современных изменений гидрологии и экосистем Черного моря в условиях меняющегося климата.

Практическое применение.

В диссертационной работе развиты новые дистанционные методы определения скоростей поверхностных течений, характеристик вихрей, направления и скорости транспорта примеси и нефтяных загрязнений. Информация об этих процессах востребована широким кругом потребителей, деятельность которых связана с судоходством, рыболовством, добычей и транспортировкой сырья. К внедренным результатам относится модель расчета траектории дрейфа нефтяных загрязнений FOTS, позволяющая прогнозировать последствия нефтяных разливов, определять источники

загрязнений и суда – виновники аварий. Данная модель оперативно применяется на морском портале инженерно-технологического центра «Сканекс» и неоднократно была использована для прогноза распространения нефтяных загрязнений и поиска объектов в различных районах Мирового океана (Черном, Каспийском, Карском, Балтийском морях).

Полученные результаты о взаимосвязи физико-биологических процессов используются для развития и валидации численных биохимических моделей, которые дают возможность контролировать и прогнозировать изменения в морских экосистемах, эффективнее и безопаснее использовать морские ресурсы.

Результаты и выводы диссертации использовались в учебном процессе для чтения лекций аспирантам Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Морской гидрофизический институт РАН».

Оценка достоверности результатов исследования.

Достоверность результатов диссертации обеспечивается использованием большого объема данных, проведенной в работе валидацией и сопоставлением различных источников информации (спутниковых и контактных данных, данных численного моделирования), применением, наряду с новыми подходами, традиционных методов океанографического и гидрометеорологического анализа. Достоверность использованных альтиметрических данных для исследования динамики Черного моря основывается на проведенной ранее их валидации путем сопоставления с измерениями уровня на прибрежных постах и дрейферными измерениями скорости течений. Корректность разработанного метода идентификации вихрей подтверждается сопоставлением его результатов с оптическими и инфракрасными спутниковыми данными о проявлениях вихрей в полях трассеров. Полученная информация о характеристиках и структуре вихрей Черного моря хорошо согласуется с данными гидрологических и спутниковых исследований. Выводы о причинах сезонной изменчивости

вихрей согласуются с лабораторными исследованиями. Достоверность результатов, полученных на основе разработанной лагранжевой модели, подтверждается сопоставлением с данными последовательных радиолокационных измерений о смещении нефтяных пленок, а также с данными спутниковых оптических измерений. Результаты о росте солености Черного моря подкрепляются независимыми оценками, полученными на полигоне в Южном отделении Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН. Достоверность полученных результатов об изменчивости интенсивности цветения кокколитофорид подтверждается сопоставлением двух источников данных – спутниковых измерений яркости моря и измерений показателя обратного рассеяния буями Био-Арго.

Личный вклад соискателя состоит в определении тематики исследования и обосновании ее актуальности и новизны, выборе и разработке методов решения поставленных задач, создании программного обеспечения, выполнении расчетов и анализа полученных результатов и подготовке основных публикаций. Автором сформулированы основные научные положения и выводы, которые вошли в диссертацию. Теоретические разработки, и выдвинутые в диссертации гипотезы, принадлежат соискателю.

В диссертации отсутствует недобросовестное использование материала, полученного другими исследователями, без ссылки на автора или источники заимствования, а также результатов научных работ, выполненных соискателем в соавторстве, без ссылки на соавторов.

В ходе защиты диссертации были высказаны критические замечания относительно некорректности употребления термина «сдвиговая турбулентность», об отсутствии обзорного раздела в диссертации и целесообразности переноса части материалов диссертации из основной части в приложения.

Соискатель Кубряков А.А. ответил на все задаваемые ему в ходе заседания вопросы и согласился с замечаниями.

На заседании 25 октября 2023 года диссертационный совет принял решение за разработку теоретических положений, объясняющих механизмы изменчивости динамики вод Черного моря на сезонных и межгодовых масштабах и её влияние на морскую экосистему, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение в области океанологии, присудить **Кубрякову А.А.** ученую степень доктора физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 5 докторов наук по специальности диссертации 1.6.17 – океанология, участвующих в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 16, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель
диссертационного совета, д. ф.-м. н.,
профессор, член-корреспондент РАН

Коротаев Геннадий Константинович

Ученый секретарь
Диссертационного совета, к. ф.-м. н.

Алексеев Дмитрий Владимирович

МП

25 октября 2023 года