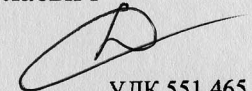


МОРСКОЙ ГИДРОФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК УКРАИНЫ

Дьяков Николай Николаевич



УДК 551.465

**СОВРЕМЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ
АЗОВСКОГО МОРЯ**

11.00.08 – океанология

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Севастополь –2010

Диссертация является рукописью

Работа выполнена в Морском отделении Украинского научно-исследовательского гидрометеорологического института Министерства Украины по чрезвычайным ситуациям и делам защиты населения от последствий Чернобыльской катастрофы и Морском гидрофизическом институте Национальной академии наук Украины.

Научный руководитель:

доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник
Фомин Владимир Владимирович, Морское отделение Украинского научно-исследовательского гидрометеорологического института МЧС Украины, заведующий лабораторией.

Официальные оппоненты:

доктор географических наук, профессор
Ломакин Павел Демьянович, Морской гидрофизический институт НАН Украины, ведущий научный сотрудник;

кандидат географических наук

Трошенко Олег Александрович, Институт биологии южных морей НАН Украины, старший научный сотрудник

Защита состоится «15» июня 2010 г. в 14³⁰ часов на заседании Специализированного ученого совета Д50.158.01 Морского гидрофизического института Национальной академии наук Украины по адресу: 99011, Украина, г. Севастополь, ул. Капитанская, 2, малый конференц-зал.


С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Морского гидрофизического института НАН Украины, г. Севастополь, ул. Капитанская, 2.

Автореферат разослан «13» мая 2010 г.

Ученый секретарь

Специализированного ученого совета
Д.50.158.01

доктор географических наук

 Совга Е.Е.

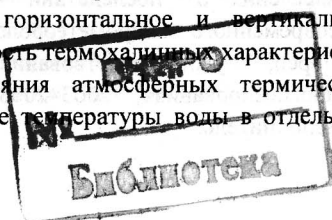
ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Одной из основных задач региональной океанологии является исследование изменений гидрометеорологического режима внутренних морей под влиянием климатических и антропогенных факторов. Особенную актуальность эта задача представляет для Азовского моря. Замкнутость и мелководность моря, ограниченный водообмен с Мировым океаном, а также развитая промышленная инфраструктура на побережье существенно повышают зависимость гидрометеорологического режима Азовского моря, его термохалинной структуры вод от антропогенного воздействия и региональных проявлений глобальных климатических изменений.

В настоящее время в регионе Азовского моря возрастает хозяйственная деятельность, связанная со строительством различных гидротехнических сооружений, интенсивным судоходством и функционированием портов, а также с освоением нефтегазовых месторождений. Эти обстоятельства предъявляют повышенные требования к качеству гидрометеорологического обеспечения.

На изменения гидрометеорологического режима Азовского моря, вызванные антропогенным фактором (изъятием части стока рек), накладываются региональные проявления глобальных климатических изменений, которые могут усиливать или ослаблять негативные последствия хозяйственной деятельности. Учитывая тот факт, что наиболее заметно изменения глобального климата проявились в последние 25–30 лет, важное значение приобрели задачи оценки влияния региональных проявлений глобальных климатических изменений на гидрометеорологический режим моря.

В предлагаемой диссертационной работе рассматривается круг вопросов, связанных с современным гидрометеорологическим режимом Азовского моря и термохалинной структурой его вод. Выполнен анализ региональных особенностей глобальных климатических изменений, произошедших как за последние 30 лет, так и за многолетний период в гидрометеорологическом режиме Азовского региона (температуре воздуха и воды, атмосферных осадках, скорости и направлении ветра, ледовых условиях). На основе созданной наиболее полной базы данных океанографической информации Азовского моря, включающей все виды наблюдений, получены поля температуры и солености Азовского моря, отвечающие современному уровню антропогенного воздействия на сток рек и региональным проявлениям глобальных климатических изменений. Рассмотрены горизонтальное и вертикальное распределение, а также временная изменчивость термохалинных характеристик Азовского моря. Выполнена оценка влияния атмосферных термических условий на пространственное распределение температуры воды в отдельные



годы. Проанализированы динамика и причины уменьшения солености воды Азовского моря за последние 30 лет. Рассмотрены многолетние тенденции компонентов водного баланса Азовского моря, величина антропогенного изъятия стока рек, а также основные особенности водообмена через Керченский и Тонкий проливы. Проведено исследование закономерностей межгодовой и пространственной изменчивости общей вертикальной устойчивости вод моря и ее связь с площадями зон гипоксии в придонном слое.

Возможными сферами практического применения проведенных в диссертационной работе исследований являются: оперативный диагноз и прогноз состояния экосистемы моря; обеспечение безопасности мореплавания; проектирование и эксплуатация гидротехнических сооружений и технологических платформ.

Связь работы с научными программами, планами и темами. В диссертации обобщены результаты, полученные автором в области исследования гидрометеорологического режима Азовского моря. Работа выполнялась в соответствии с планами научных исследований Морского отделения Украинского научно-исследовательского гидрометеорологического института МЧС Украины (МО УкрНИГМИ), Морского гидрофизического института НАН Украины (МГИ НАНУ) и международного сотрудничества в рамках следующих завершенных и действующих научно-исследовательских проектов:

- НИР Министерства Украины по чрезвычайным ситуациям и делам защиты населения от последствий Чернобыльской катастрофы «Провести научно-обоснованный анализ состояния изученности режима морских территориальных вод Украины, программ морских гидрологических и гидрохимических прибрежных, рейдовых и экспедиционных наблюдений и подготовить рекомендации по оптимизации состава и программ работ», 1994–1998 гг., ГР № 0193U04424, ответственный исполнитель.
- НИР Министерства Украины по чрезвычайным ситуациям и делам защиты населения от последствий Чернобыльской катастрофы «Исследовать изменчивость гидрометеорологического и гидрохимического режима загрязнения вод украинской зоны Черного и Азовского морей, в т.ч. устьевых областей рек. Разработать рекомендации по восстановлению и защите морской среды, а также математические модели прогнозирования ее основных параметров», 2001–2002 гг., ГР №0101U003957, исполнитель.
- НИР Министерства Украины по чрезвычайным ситуациям и делам защиты населения от последствий Чернобыльской катастрофы «Исследование современного гидрометеорологического режима Черного и Азовского морей, усовершенствование системы морских наблюдений и прогнозирования», 2003–2008 гг., ГР № 0206U000288, ответственный исполнитель.

- Проект НАН Украины «Управление прибрежным ресурсным потенциалом морских акваторий Украины», 2007–2011 гг., ГР №0107U001161, исполнитель.
- Международный проект ARENA (A Regional Capacity Building and Networking Programme to Upgrade Monitoring and Forecasting Activity in the Black Sea), 2003–2006 гг., ГР №0104U06731, исполнитель.
- Международный проект ASCABOS (A Supporting Programme for Capacity Building in the Black Sea Region towards Operational Status of Oceanographic Services), 2006–2008 гг., ГР № 0106U003261, исполнитель.

Цель и задачи исследования. *Объект исследования* – бассейн Азовского моря, включающий прибрежные районы и открытую часть моря. *Предмет исследования* – особенности формирования гидрометеорологического режима Азовского моря, его термохалинной структуры вод под влиянием климатических факторов и антропогенных преобразований стока рек.

Цель работы – определение изменений, произошедших за последние 30 лет в гидрометеорологическом режиме Азовского моря, его термохалинной структуре вод, водном балансе под влиянием региональных проявлений глобальных климатических тенденций и антропогенного воздействия на сток рек.

Методы исследования – классические методы статистического анализа временных рядов, метод объективной интерполяции климатических полей.

Основные направления исследований:

- создание наиболее полной базы данных океанографической информации Азовского моря;
- построение климатических полей температуры и солености Азовского моря;
- изучение региональных особенностей современных изменений климата морской прибрежной зоны Азовского моря;
- исследование изменчивости компонентов водного баланса моря.

В рамках этих направлений были поставлены и решены следующие задачи.

1. Создана наиболее полная база данных океанографической информации Азовского моря, включающая все виды экспедиционных и береговых наблюдений;
2. Построены на основе наиболее полной базы данных климатические поля температуры и солености Азовского моря;
3. Исследована пространственная и временная изменчивость термохалинных характеристик, а также выполнена оценка вклада климатического и антропогенного факторов в уменьшение солености моря;
4. Выявлены региональные особенности современных изменений климата морской прибрежной зоны Азовского моря (многолетней и сезонной

изменчивости температуры воздуха и воды, атмосферных осадков, скорости и направления ветра, ледовых условий, солености воды);

5. Исследована многолетняя и сезонная изменчивость компонентов водного баланса моря (бюджета пресных вод, водообмена через проливы Керченский и Тонкий) под влиянием климатических и антропогенных факторов.

Научная новизна полученных результатов. Новые научные результаты, полученные лично соискателем и представленные на защиту, состоят в следующем:

- Впервые создан массив термохалинных полей Азовского моря для различных климатических условий и уровня антропогенного изъятия части стока рек с оценкой вклада различных видов изменчивости в общую дисперсию этих полей.
- На основе наиболее полной базы океанографической информации получены новые представления о пространственной и временной изменчивости термохалинных характеристик для наименее исследованной, западной части Азовского моря. Выполнена оценка вклада климатического и антропогенного факторов в уменьшение солености Азовского моря за последние 30 лет.
- Обнаружена новая, не описанная ранее в литературе, особенность распределения Азовского моря в 1997-2007 гг.
- Впервые выявлены тенденции сезонной и многолетней изменчивости элементов гидрометеорологического режима Азовского моря под влиянием региональных проявлений изменений глобального климата.
- Определены новые межгодовые тенденции изменений компонентов водного баланса Азовского моря за многолетний период как следствие влияния природных и антропогенных факторов.
- Впервые показаны изменения в интенсивности водообмена через Керченский пролив за 1980-2008 гг.

Научное значение работы. Соискателем выполнено комплексное океанологическое исследование Азовского моря по данным наблюдений за последние 30 лет, в период, когда на гидрометеорологический режим Азовского моря оказывали влияние региональные проявления глобальных климатических изменений.

Рассмотрены межгодовая и сезонная изменчивость характеристик гидрометеорологического режима Азовского моря под влиянием климатических изменений. Исследованы межгодовая и сезонная изменчивость стока рек, водообмена через Керченский и Тонкий проливы по данным натуральных наблюдений. Выявлены основные причины уменьшения солености моря за последние 30 лет, и выявлены новые особенности современного распределения моря.

На основе сформированной базы данных натуральных наблюдений рассчитаны климатические поля температуры и солености вод Азовского моря, а также оценен вклад различных видов изменчивости в общую дисперсию этих полей.

Практическое значение полученных результатов. Полученные в диссертационной работе результаты комплексного анализа современного гидрометеорологического режима Азовского моря и особенностей его климатических изменений могут быть использованы в задачах дальнейшего хозяйственного освоения и использования разнообразных ресурсов прибрежной зоны и открытого моря, а также в целях экологического мониторинга, защиты и восстановления качества морской среды. Новый климатический массив термохалинных характеристик и база гидрометеорологических данных могут применяться для оценки климатических изменений и математического моделирования экологических процессов в Азовском регионе.

Основными потенциальными потребителями полученной в диссертации научно-технической продукции являются научные учреждения, занимающиеся исследованиями Азовского моря; оперативные подразделения Гидрометеорологической службы; организации, проектирующие гидротехнические сооружения и технологические платформы; Министерство Украины по чрезвычайным ситуациям и делам защиты населения от последствий Чернобыльской катастрофы.

Результаты работы были использованы для подготовки карт климатических термохалинных характеристик Азовского моря для Национального и Океанографического атласов Украины [1, 3].

Результаты диссертации были использованы при выполнении следующих прикладных исследований по гидрометеорологическому обеспечению проектирования технологических платформ и для решения экологических задач на шельфе Азово-Черноморского бассейна:

- «Гидрометеорологический режим на участке проектирования и строительства технологической платформы и морского трубопровода на шельфе Азовского моря» – договор МО УкрНИГМИ № 2001/СП1 от 27/02/2001 г, заказчик – Институт «НИПИШельф».
- «Гидрометеорологический режим на участке проектирования и строительства морского трубопровода на Северо-Булганакском газовом месторождении Азовского моря» – договор № 6102/1-03 от 25/04/2003 г, заказчик – Институт «НИПИШельф».
- «Гидрометеорологические условия в районе Субботинского нефтегазового месторождения на северо-восточном шельфе Черного моря», договор МО УкрНИГМИ № 2/07 от 26/04/2007 г, заказчик – ЗАО «Югостокгаз».

Личный вклад соискателя. Постановка задач исследования, обсуждение основных выводов и результатов исследования проводились совместно научным руководителем. Диссертантом лично проведены выбор методов исследования, обработка и интерпретация наблюдений, анализ и верификация полученных результатов. Соискатель лично принимал участие в отдельных экспедициях, материалы которых использованы в диссертационной работе. Автором сформулированы все основные научные положения и выводы, которые вошли в диссертацию.

Часть научных результатов опубликована в соавторстве с В.А. Ивановым, В.В. Фоминым, Ю.П. Ильиным, С.Б. Горбач, Т.Ю. Тимошенко и М.А. Липченко.

В совместных публикациях конкретный вклад соискателя заключался в следующем: в монографии [2] подготовлены разделы, посвященные современной термохалинной структуре вод Азовского моря, водному балансу, уровню моря, изменчивости скорости и направления ветра, анализу экспедиционных наблюдений; для атласов [1,3] подготовлены климатические карты термохалинных полей поверхностного и придонного слоев Азовского моря для различных сезонов года; в работах [4-7,10,12] выполнена постановка задач, проведены исследования сезонной и межгодовой изменчивости, многолетних тенденций, пространственного распределения гидрометеорологических характеристик Азовского моря, анализ и интерпретация результатов; в работе [9] проведено исследование ветрового режима; в работе [11] проведена постановка задач, расчет и анализ основных видов изменчивости гидрометеорологических полей Азовского моря, вертикального распределения термохалинных характеристик.

Апробация результатов работы. Основные результаты исследований, представленных в диссертации, неоднократно докладывались на семинарах, рабочих группах и ученых советах МО УкрНИГМИ МЧС Украины, МГИ НАНУ, а также на следующих научных конференциях, проводившихся в Украине и за рубежом: Международная конференция «Гидрометеорология и охрана окружающей среды – 2002», 25–27 сентября 2002 г., Одесса; Научная конференция «Ломоносовские чтения», Черноморский филиал Московского государственного университета, апрель 2002 г., апрель 2003 г., апрель 2008 г., май 2009 г., Севастополь; International conference «Scientific and Policy Challenges toward an the Marine Environment. Emphasis on the Black Sea and the Mediterranean Regions», 13–18 October, 2003, Varna, Bulgaria; Международная конференция «Современное состояние экосистем Черного и Азовского морей», 13–16 сентября 2005 г., Донузлав, (Украина); Международная конференция «Фундаментальные исследования важнейших проблем естественных наук на основе интеграционных процессов в образовании и науке», 19–24 августа 2006 г., Севастополь.

Публикации. В диссертацию вошла 21 публикация. Из них: монографий – 1 (в соавторстве) [2], атласов – 2 (в соавторстве) [1,3], статей в сборниках научных трудов – 9 [4–12], тезисов докладов в трудах научных конференций – 9 [13–21]. Всего в изданиях, удовлетворяющих требованиям ВАК Украины, опубликовано 11 работ.

Структура диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, четырех разделов, выводов, списка использованных источников. Она содержит 185 страниц машинописного текста и включает 59 рисунков, 23 таблицы, 3 приложения на 35 страницах и список использованных источников из 160 наименований на 16 страницах.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обосновывается актуальность выбранной темы, формулируются цель и задачи исследования, показывается научная новизна и практическое значение работы, ее связь с научными программами МО УкрНИГМИ МЧС Украины и МГИ НАНУ. Даны сведения об апробации результатов диссертации и о научных публикациях соискателя по тематике исследования.

В первом разделе работы дано физико-географическое описание Азовского моря, представлены сведения об исходных данных наблюдений и изложена методика их обработки.

Используемая в работе сформированная при непосредственном участии автора база данных океанографической информации МО УкрНИГМИ включает экспедиционные исследования и данные регулярных наблюдений на прибрежных гидрометеорологических станциях (ГМС).

Массив экспедиционных океанографических наблюдений в Азовском море содержит около 65 тыс. гидрологических станций, выполненных за 1922–2008 гг. Наибольшее число станций выполнено во фронтальных зонах Таганрогского и Темрюкского заливов (20266 и 9490 станций соответственно), а также в Керченском проливе (16923 станция). База данных содержит гидрологическую информацию по северной части залива Сиваш и данные наблюдений обмена потоками воды и солей между Азовским морем и заливом Сиваш за 1953–2006 гг. Первичные океанографические данные прошли экспертный и статистический контроль.

Число выполненных гидрологических станций в базе океанографической информации МО УкрНИГМИ примерно на 30 тыс. станций превышает количество данных в наиболее известной базе NOAA (Climatic Atlas of the Sea of Azov, 2008), содержащей 35417 станций. Наибольшие различия между базами МО УкрНИГМИ и NOAA приходится на период 1953–1993 гг., когда,

как следует из рис. 1, обеспеченность первичными данными в базе МО УкрНИГМИ существенно выше.

Для расчета климатических полей термохалинных характеристик была выбрана схема

объективного анализа, используемая ранее для построения атласов Мирового океана

(Levitus, 1994) и Черного моря (Белокопытов, 1998) и представляющая собой схему последовательных приближений (Cressman, 1959) с весовой функцией (Barnes, 1973), зависящей от расстояния до узла интерполяции и радиуса влияния, не превышающего пространственный радиус корреляции.

Для исследования течений, расходов и водообмена воды в Керченском проливе использовались данные наблюдений на разрезе порт Крым – порт Кавказ (в т.н. северной узости пролива). Всего за период 1981-2008 гг. было определено 208 расходов воды, измеренных во все сезоны года при различных синоптических ситуациях, что позволило проанализировать их многолетнюю и внутригодовую изменчивость.

Для анализа многолетней и временной изменчивости гидрометеорологических характеристик прибрежной зоны Азовского моря (температуры воды и воздуха, ветра, атмосферных осадков, ледовых условий, солености воды) в работе были использованы продолжительные ряды срочных данных наблюдений на МГС Украины и России за весь период регулярных наблюдений (по 2007 г. включительно).

Второй раздел посвящен исследованию региональных особенностей изменений климатических характеристик Азовского региона за многолетний период и последние тридцать лет после климатического сдвига 1976-1977 гг. (Полонский, 2008).

В подразделе 2.1 приведены результаты анализа изменений скорости и направления ветра по данным наблюдений на береговой сети Азовского моря за период 1945-2007 гг. В многолетнем ходе средней скорости ветра выделяется период повышенной ветровой активности 1956-1975 гг.; с середины 70-х годов прошлого века по настоящее время характерно снижение скорости ветра. Рассчитанные линейные тренды среднемесячных значений скорости ветра выявили значимые тенденции уменьшения скорости ветра (от -0,16 до -0,33

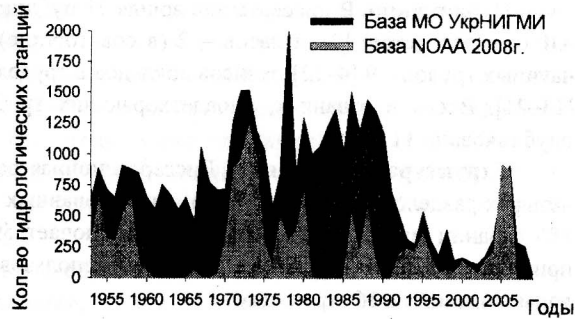


Рис. 1. Обеспеченность данными баз океанографической информации МО УкрНИГМИ и NOAA.

м/с/10 лет) во все сезоны года по большинству станций северного побережья Азовского моря. Статистически значимые отрицательные тренды среднемесячных значений скорости ветра на юге моря выявлены в июне-сентябре и декабре (от -0,11 до -0,20 м/с/10 лет). Последние работы по исследованию ветрового режима отдельных участков побережья Черного моря (Репетин, Белокопытов, 2009), а также Восточного Приазовья (Луц, 2001) однозначно свидетельствуют об уменьшении приземной скорости ветра за 1945-2007 гг. На уменьшение скорости ветра могут существенно влиять методические причины, в частности урбанизация в местах измерений (Мешерская, 2006), но тот факт, что снижение ветровой активности на побережье Азовского моря обусловлено изменением атмосферной циркуляции косвенно подтверждается снижением интенсивности ветрового волнения на побережье моря по данным прибрежных натуральных наблюдений за последние 40 лет.

В подразделе 2.2 рассмотрены особенности изменения температуры воздуха в Азовском регионе на протяжении почти векового периода наблюдений. Проанализирована ее многолетняя и сезонная изменчивость, пространственное распределение над акваторией моря, изменения, произошедшие в амплитуде сезонного хода, длительности сезонов, количестве дней с экстремальными температурами.

Анализ временных рядов среднегодовой температуры воздуха по всем прибрежным станциям за период с 1882 по 2007 гг. выявил положительные тренды (от +0,09 до +0,16°C/10 лет). В пунктах с более чем вековым рядом наблюдений (Таганрог, Керчь) повышение температуры воздуха составило 0,5-1,1°C, что близко к оценкам для станций побережья Черного моря, полученным в работе (Ильин, Репетин, 2006). В пунктах с продолжительностью наблюдений 80-90 лет повышение температуры воздуха за этот период, в среднем, составило 0,8-1,2°C. Максимальные положительные линейные тренды (от +0,24 до +0,31°C/10 лет) за многолетний период характерны для зимнего сезона. Потепление, произошедшее в Азовском регионе в зимний сезон, подтверждается смягчением ледовых условий моря. Анализ зим по типам за последние 30 лет (1977-2007 гг.), выявил значительное увеличение повторяемости мягких зим (в 1,5 раза), по сравнению с предшествующим периодом (1924-1977 гг.).

За современный период (1977-2007 гг.) оценки тенденций сезонных изменений температуры воздуха превышают многолетние в 2 раза, а на большей части побережья моря летнее потепление превышает зимнее и весеннее. В целом, изменение режима температуры воздуха Азовского моря хорошо согласовывается с изменением атмосферной циркуляции на протяжении XX столетия (Кондратьев, 2002; Ефимов, 2005; Мартазинова, 2007) в Северном полушарии и Черноморском регионе.

Подраздел 2.3 содержит описание межгодовой и сезонной изменчивости атмосферных осадков в прибрежной зоне и над акваторией Азовского моря. На основе рассчитанных многолетних норм количества осадков на прибрежных станциях были построены месячные карты изогий Азовского моря за многолетний период, и годовые карты за многолетний и современный (1977-2007 гг.) периоды. Исследование изменений годовых и сезонных сумм осадков за многолетний период позволило сделать вывод о тенденции к увеличению увлажнения Азовского региона в современный период. Анализ изменений годовых сумм осадков за многолетний период свидетельствует о росте их количества на 60-190 мм по всем пунктам побережья, прежде всего за счет увеличения количества осадков в зимний сезон. Последнее тридцатилетие (1977-2007 гг.) характеризуется уменьшением межгодовой изменчивости количества осадков и повышенными значениями как годовых сумм осадков (на 30-70 мм), так и годовых максимумов и минимумов по сравнению с предшествующим периодом. Характерно, что абсолютные максимумы осадков фиксировались, как правило, в последние 10 лет (1997-2007 гг.), т.е. когда и наблюдалось интенсивное уменьшение солености моря.

Нашел подтверждение тот факт, что для Азовского региона увеличение количества осадков происходит при отрицательной фазе североатлантического колебания (САК) за счет усиления циклонической активности в регионе (Воскресенская, 2003; Полонский, 2009). Для весеннего сезона также выявлены значимые отрицательные коэффициенты корреляции (от -0,24 до -0,32) между колебаниями индекса южного колебания и изменчивостью сумм осадков за этот сезон на береговых пунктах.

В третьем разделе исследованы многолетние и сезонные характеристики составляющих водного баланса Азовского моря и выявлены тенденции их изменчивости.

В подразделе 3.1 рассмотрены изменения, произошедшие в бюджете пресных вод моря (сток рек, осадки, испарение) за различные периоды в зависимости от условий формирования солености под влиянием, как естественной климатической изменчивости, так и величины антропогенного изъятия части стока рек. Основное внимание уделялось многолетним изменениям и циклам водности стока основных рек, впадающих в море (Дона и Кубани). В стоке р. Дона значимых трендов за период после зарегулирования (1952-2008 гг.) не выявлено. Последние 15 лет (1994-2008 гг.) сток р. Дона был близок или несколько меньше среднемноголетней нормы, также наблюдалось уменьшение межгодовой изменчивости стока. В стоке р. Кубани в последние годы преобладает тенденция к его увеличению, обусловленная как климатическими причинами, так и уменьшением величины антропогенного безвозвратного изъятия стока (Михайлов, Магрицкий, 2008). Положительные тренды в многолетних изменениях стока р. Кубани за современный период

(1977-2008 гг.), характерны для годовых и сезонных величин стока, но значимы тренды только для зимнего и весеннего сезонов.

За период 1923-2005 гг., по расчетным данным по методике (Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР т. 5 Азовское море, 1991) в величине испарения с поверхности моря отмечалась тенденция к уменьшению (-0,032 км³/год), а в количестве атмосферных осадков – положительный тренд (0,028 км³/год). Уменьшение испарения объясняется региональными особенностями климатических изменений – снижением среднегодовых и летних значений скорости ветра.

В подразделе 3.2 и 3.3 рассматривалось изменение составляющих водообмена через проливы Керченский и Тонкий (по данным натурных наблюдений и расчетных величин).

Для того, чтобы оценить изменения за период 1981-2008 гг. в интенсивности водообмена через северную узость Керченского пролива, полученные характеристики расходов воды сравнивались с расчетами расходов (около 400 определений), выполненных в 1962-1975 гг. (Альтман, 1976, 1978). Анализ данных натурных наблюдений в северной узости показал снижение за 1981-2008 гг. интенсивности притока черноморских вод по сравнению с данными (Альтман, 1976, 1978).

В расчетных значениях компонентов водообмена через Керченский пролив после зарегулирования стока рек в море (1952-2005 гг.) значимых трендов выявлено не было. В величинах водообмена между заливом Сиваш и Азовским морем через пролив Тонкий за 1975-2006 гг., как по натурным, так и по расчетным данным определены существенные изменения, связанные с увеличением оттока сивашских вод в море и уменьшением притока азовских вод в залив Сиваш.

В четвертом разделе рассмотрены основные региональные особенности термохалинной структуры вод моря, выявленные на основе нового массива натурных данных. Рассмотрена пространственная и временная изменчивость термохалинных характеристик, вертикальное распределение, многолетние тенденции.

Подраздел 4.1 посвящен современному режиму температуры воды Азовского моря. Рассчитаны новые климатические поля и проанализированы их отличия от предшествующих обобщений (Гидрометеорология..., 1991; Climatic Atlas of the Sea of Azov, 2008). Рассмотрено пространственное распределение температуры воды в годы с аномальными атмосферными термическими условиями. Возросшая обеспеченность данными наблюдений позволила более достоверно оценить распределение температуры воды в западной, наименее освещенной части моря. В южных районах моря поступление теплых черноморских вод в октябре-ноябре через Керченский пролив получило климатическое подтверждение.

Выполнены оценки многолетней изменчивости температуры воды в прибрежной зоне моря. Впервые статистически значимые (на 95%-ом уровне) тенденции к потеплению вод Азовского моря в среднегодовых значениях температуры воды за 1924-2007 гг. выявлены на всех береговых пунктах Азовского моря. Потепление вод неоднородно по районам моря. На юге (Темрюк, Мысовое) положительные тренды температуры воды максимальны (0,0104-0,0126°C/год). На северном побережье моря (Геническ, Бердянск) они меньше 0,0081-0,0085°C/год, а в Таганрогском заливе – минимальны и уменьшаются к устью Дона. Максимальные линейные тренды за период 1924-2007 гг. на большинстве пунктов побережья характерны для января-апреля, рис. 2. Наиболее существенное потепление вод на 1,9-3,0°C (0,030-0,050°C/год) приходится на март.

Значимые тенденции к потеплению поверхностных вод моря характерны и для последних 30 лет (1977-2007 гг.). Максимальные значимые коэффициенты линейных трендов (от 0,064 до 0,087°C/год) поверхностного слоя температуры воды выявлены за 1977-2007 гг. в августе на всем побережье.

Сравнение сезонного хода многолетних трендов температуры воды и воздуха показало, что основной вклад в повышение температуры воды Азовского моря обусловлен приземной температурой воздуха. Аналогичные азовскому региону тенденции в повышении температуры воды по данным работы (Еремеев, Горячкин, 2009) характерны и для всей акватории Черного моря, за исключением северо-западной его части, где наблюдается аномальная тенденция в уменьшении температуры воды (Полонский, Ловенкова, 2004; Ефимов, 2005).

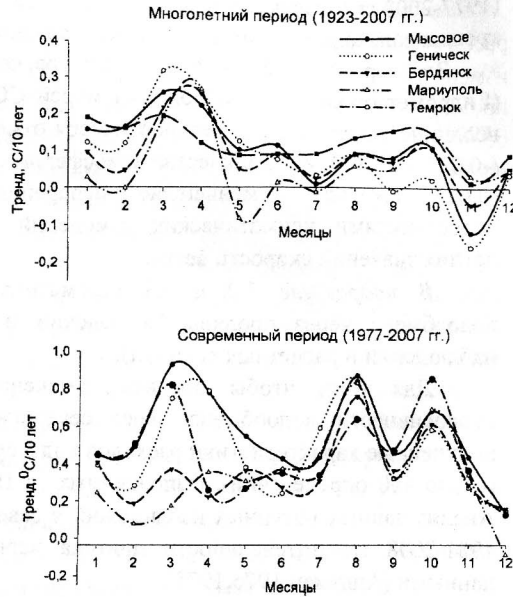


Рис. 2. Годовой ход линейных трендов среднемесячных температур воды (°C/10 лет) за различные периоды (по данным наблюдений на побережье Азовского моря).

В подразделе 4.2 описан современный режим солености вод моря, рассмотрено ее пространственное и вертикальное распределение, временная изменчивость, а также фронтальные зоны вблизи Керченского и Тонкого проливов. Для характеристики многолетних изменений солености воды, на основе наиболее полной базы океанографической информации, была рассчитана соленость собственно Азовского моря и отдельных его районов; по годам, месяцам и конкретным съемкам были рассчитаны объемы моря, занимаемые водами различной солености. Получены новые климатические поля солености и выполнено сравнение их с данными других авторов (Гидрометеорология..., 1991; Atlas..., 2008). Уточнено распределение солености в западных и южных районах моря, наименее изученных ранее. Выявлено наличие фронтальных разделов вблизи Керченского пролива между азовскими и черноморскими водами в течение всего года. Установлено, что область распространения солоноватых черноморских вод вблизи Керченского пролива, со средней соленостью 13,00-14,00 ‰, имеет наибольшие размеры в весенний (апрель-май) и осенний (сентябрь-ноябрь) сезоны. Подтверждено наличие фронтальной зоны в районе поступления в Азовское море через пролив Тонкий вод залива Сиваш в северо-западной части моря. Рассмотрены особенности халинного режима вод моря в зависимости от условий формирования солености под влиянием, как естественной климатической изменчивости, так и антропогенного изъятия части стока рек в море, рис. 3.

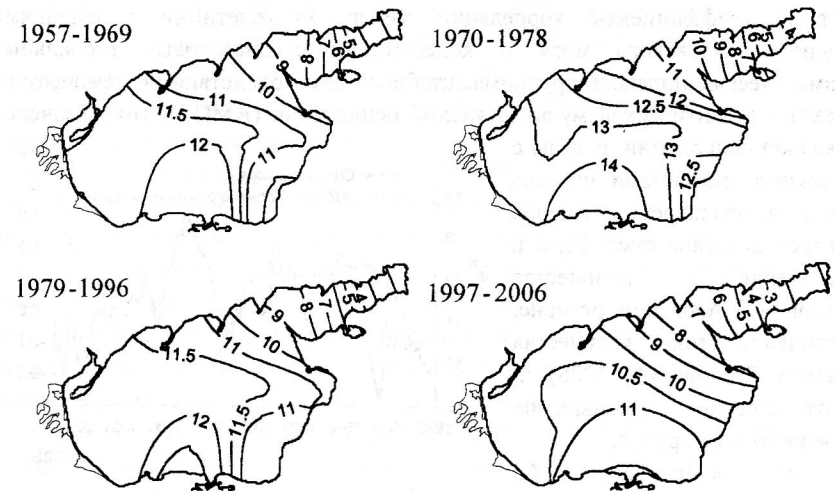


Рис. 3. Пространственное распределение солености (‰) вод Азовского моря в поверхностном слое за различные периоды.

Особое внимание уделялось периоду 1977-2007 гг., для которого региональные особенности глобальных климатических изменений для Азовского моря проявились в уменьшении солёности его вод до величин, характерных для естественного (не зарегулированного) режима стока рек (Гаргопа 2002; Матишов, Гаргопа, 2006). Если ранее, как правило, основной причиной уменьшения солёности моря было увеличение стока рек в море (преимущественно р. Дона), то в 1997-2006 гг. выявлен принципиально новый аномальный процесс уменьшения солёности моря, впервые не связанный непосредственно с увеличением стока р. Дона. Исследование этого феномена показало, что он объясняется комплексным воздействием и других факторов, основными из которых являются увеличение количества атмосферных осадков, выпадающих на поверхность моря, уменьшение испарения, увеличение стока р. Кубани, а также снижение поступления солей при адвекции черноморских и сивашских вод.

Выполненный корреляционный анализ с учетом всех основных факторов, способных оказать влияние на солёность моря, показал, что наряду с известными фактами (Бронфман, 1985; Шлыгин, 1980), свидетельствующими о преимущественном влиянии на солёность моря речного стока в течение 4-8 лет, и высокой корреляционной зависимостью солёности в текущем году с солёностью за предшествующий период, обнаружена тесная связь изменений солёности моря с низкочастотной изменчивостью атмосферных процессов. За периоды 1923-2005, 1952-2005 гг. определены значимые на 95% уровне частные коэффициенты корреляции между многолетними изменениями солёности Азовского моря и колебаниями среднегодовых глобальных климатических индексов крупномасштабного взаимодействия по температуре океана – атлантической мультидекадной осцилляции (АМО) и тихоокеанской декадной осцилляции. В годы с высокими значениями индекса АМО наблюдалось смещение центров действия атмосферы и увеличение количества циклонов в Азовском регионе, увеличение стока, количества осадков (Полонский, 2008) и, соответственно, уменьшение солёности моря, рис. 4.

В подразделе 4.3 приведены результаты исследования закономерностей межгодовой и пространственной изменчивости величин общей

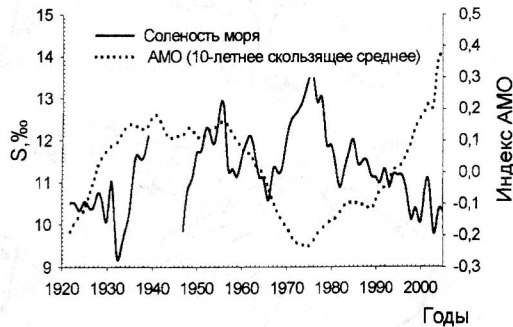


Рис. 4. Многолетний ход изменения солёности (‰) вод Азовского моря и сглаженного 10-летним скользящим средним индекса АМО.

вертикальной устойчивости вод как всего Азовского моря, так и отдельных его районов (Таганрогского, Бердянского и Арабатского заливов, прикерченского района), рассчитанных на новом массиве натурных данных. Выделены периоды ее повышенных значений, которые хорошо согласуются с площадями зон гипоксии в придонном слое, приведенными в работах (Бронфман, 1985; Закономерности экосистемных процессов Азовского моря, 2006; Боровская, Панов, Спиридонова, 2005). Рассмотрено пространственное распределение данной характеристики за различные периоды в зависимости от влияющих факторов (ветровой активности, изменений температуры и солёности воды, сезонного и годового объема стока рек в море). Начиная с 1977 г., увеличение общей вертикальной устойчивости вод моря наблюдается на фоне уменьшения солёности моря, повышенном или близком к норме стоке рек, снижении ветровой активности и положительных аномалий температуры воды. В целом, за современный период (1977-2007 гг.), примерно в 60-70% случаев, среднегодовая вертикальная устойчивость вод Азовского моря была выше многолетней нормы.

В заключении сформулированы основные результаты и выводы диссертации.

ВЫВОДЫ

В работе выявлены новые изменения, произошедшие за последние годы в гидрометеорологическом режиме Азовского моря, термохалинной структуре его вод, связанные с региональными особенностями глобальных климатических изменений (с 1976-1978 гг. по настоящее время).

Основные результаты проведенных исследований могут быть сформулированы в следующем виде:

1. На основе созданной, наиболее полной, базы данных получены поля температуры воды и солёности Азовского моря, отвечающие современному уровню антропогенного воздействия на сток рек и региональным проявлениям глобальных климатических изменений. Рассмотрены основные особенности горизонтального и вертикального распределения, а также временной изменчивости термохалинных характеристик Азовского моря. Проведена оценка влияния атмосферных термических условий на пространственное распределение температуры воды в отдельные годы.

2. Выявлены основные региональные особенности глобальных климатических изменений, произошедшие как за последние 30 лет (1977-2007 гг.), так и за многолетний период в метеорологическом режиме Азовского моря: повышение температуры воздуха, уменьшение скорости ветра и увеличение количества атмосферных осадков. В пунктах с более чем вековым рядом наблюдений (Таганрог, Керчь) повышение температуры воздуха

составило 0,5-1,1°C и близко к оценкам, полученным для станций побережья Черного моря. Установлено, что уменьшение скорости ветра за 1945-2007 гг. отмечается во все сезоны года на всем побережье моря. Последнее тридцатилетие (1977-2007 гг.) характеризуется уменьшением межгодовой изменчивости количества осадков и повышенными значениями как годовых сумм осадков (на 30-70 мм), так и годовых экстремумов, по сравнению с предшествующим периодом.

3. Исследована многолетняя и сезонная изменчивость составляющих водного баланса моря. В стоке р. Дона значимых тенденций не выявлено, а осенний и зимний сток р. Кубани характеризуется значимыми положительными трендами. Исследование данных наблюдений в северной уости Керченского пролива показало снижение (за 1977-2008 гг.) интенсивности притока через него черноморских вод. В расчетных значениях компонентов водообмена через Керченский пролив после зарегулирования стока рек в море (1952-2005 гг.) значимых трендов не выявлено.

4. Изучена динамика уменьшения солености Азовского моря за последние 30 лет. В настоящее время процесс распреснения моря обусловлен климатическими причинами. Выявлена основная особенность распреснения Азовского моря в последние годы (1997-2006 гг.): впервые уменьшение солености вод моря не связано непосредственно только с увеличением стока рек, а объясняется комплексным воздействием и других факторов – увеличением количества атмосферных осадков, выпадающих на поверхность моря, уменьшением испарения, а также снижением поступления солей с адвекцией черноморских и сивашских вод.

5. Выявлены значимые тенденции к потеплению вод моря. Характерными особенностями является потепление вод в марте за весь многолетний период и летом (август) за последние 30 лет. Сделан вывод о преимущественном вкладе в потепление вод Азовского моря повышения температуры воздуха. Максимальные линейные тренды температуры воды соответствуют аналогичным максимумам трендов температуры воздуха. Потепление воды моря в зимний сезон подтверждается также смягчением ледовых условий Азовского моря, особенно в его южных районах.

СПИСОК ОСНОВНЫХ ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Національний атлас України. Розділ 13: Моря та їхні ресурси. Підрозділ: Кліматичні умови. – К.: Картографія, 2007. – С. 231-241.
2. Гидрометеорологические условия морей Украины. Том 1. Азовское море / [Ильин Ю.П., Фомин В.В., Дьяков Н.Н., Горбач С.Б.]. – Севастополь: Экокси-гидрофизика, 2009. – 402 с.
3. Океанографічний атлас Чорного та Азовського морів. – К.: ДУ Укрморкартографія, 2009. – 356 с.
4. Дьяков Н.Н. Современные тенденции многолетних изменений ледовых условий Азовского моря / Н.Н. Дьяков, С.Б. Горбач, Т.Ю. Тимошенко // Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту. – 1999. – Вып. 247. – С.244-249.
5. Дьяков Н.Н. Ледовый режим Азовского моря в суровые зимы / Н.Н. Дьяков, С.Б. Горбач // Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту. – 2000. – Вып. 248. – С.254-258.
6. Дьяков Н.Н. Межгодовые колебания уровня Азовского моря / Н.Н. Дьяков, В.В. Фомин // Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту. – 2000. – Вып. 248. – С. 248-253.
7. Дьяков Н.Н. Сезонная и межгодовая изменчивость гидрологических характеристик прибрежной зоны Азовского моря / Н.Н. Дьяков, В.А. Иванов // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – 2002. – Вып. 7. – С. 39-48.
8. Дьяков Н.Н. Синоптические условия возникновения аномальных колебаний уровня Азовского моря / Н.Н. Дьяков, В.В. Фомин // Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту. – 2002. – Вып. 250. – С. 332-341.
9. Фомин В.В. Ветровое волнение и транспорт наносов в Азовском море / В.В. Фомин, Н.Н. Дьяков // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – 2003. – Вып. 8. – С. 175-181.
10. Современный режим осадков Азовского моря / С.Б. Горбач, В.А. Иванов, Н.Н. Дьяков, В.В. Фомин // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – 2004. – Вып. 10. – С.27-33.
11. Современная термохалинная структура вод Азовского моря / Н.Н. Дьяков, С.Б. Горбач, В.В. Фомин, Ю.П. Ильин // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – 2006. – Вып. 14. – С.215-224.
12. Многолетние изменения температуры воздуха в Азовском регионе / С.Б. Горбач, Н.Н. Дьяков, В.В. Фомин, Е.С. Мартынов // Экологическая

- безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – 2009. – Вып. 18. – С. 158-167.
13. Дьяков Н.Н. Сезонная и межгодовая изменчивость гидрологических характеристик прибрежной зоны Азовского моря / Н.Н. Дьяков, В.А. Иванов, С.Б. Горбач // Современные проблемы океанологии шельфовых морей России: междунар. конф., 13–15 июня 2002 г.: тезисы докл. – Мурманск, 2002. – С. 62-63.
 14. Фомин В.В. Методы прогноза волнения, уровня моря и циркуляции вод на основе численного моделирования / В.В. Фомин, Н.Н. Дьяков // Гидрометеорология и охрана окружающей среды – 2002: междунар. конф., 2002 г.: материалы конф. часть II. – Одесса, 2002. – С. 204-209.
 15. Дьяков Н.Н. Разномасштабные характеристики колебаний уровня Азовского моря / Н.Н. Дьяков // Ломоносовские чтения 2002: научн. конф., 18-19 апреля 2002 г.: материалы конф. – Севастополь, 2002. – С. 77-78.
 16. Дьяков Н.Н. Водный баланс Азовского моря и потоки водообмена через Керченский пролив / Н.Н. Дьяков, Ю.П. Ильин, М.А. Липченко // Ломоносовские чтения 2003: научн. конф., 29–30 апреля 2003 г.: материалы конф. – Севастополь, 2003. – С. 77-78.
 17. Дьяков Н.Н. Современная термохалинная структура вод Азовского моря / Н.Н. Дьяков, В.В. Фомин, Ю.П. Ильин // Современное состояние экосистем Черного и Азовского морей: междунар. научн. конф., 13–16 сентября 2005 г.: тезисы докл. – Севастополь, 2005. – С. 138.
 18. Дьяков Н.Н. Современное изменение ветрового режима на побережье Азовского моря / Н.Н. Дьяков, В.В. Фомин, С.Б. Горбач // Ломоносовские чтения 2008: научн. конф., 23-25 апреля 2008 г.: материалы конф. – Севастополь, 2008. – С.14-15.
 19. Дьяков Н.Н. Влияние глобальных климатических изменений на гидрометеорологический режим Азовского моря / Н.Н. Дьяков, С.Б. Горбач, Е.С. Мартынов // Ломоносовские чтения 2009: научн. конф., 4–5 мая 2009 г.: материалы конф. – Севастополь, 2009. – С. 11-12.
 20. Дьяков Н.Н. Современные оценки водного баланса Азовского моря / Н.Н. Дьяков, М.А. Липченко // Ломоносовские чтения 2009: научн. конф., 4–5 мая 2009 г.: материалы конф. – Севастополь, 2009. – С. 12-13.
 21. Dyakov N.N. Present hydrometeorological conditions and their influence on the environmental safety and economic activity in the Sea of Azov / N.N. Dyakov, V.A. Ivanov, Y.P. Ilyin // Scientific and policy challenges towards an effective management of the marine environment: International Conference., 12–18 October 2003: Abstracts. – Bulgaria, 2003. – P. 349-350.

АНОТАЦІЯ

Дьяков М.М. Сучасний гідрометеорологічний режим Азовського моря. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата географічних наук за спеціальністю 11.00.08 – океанологія. – Морський гідрофізичний інститут НАН України, Севастополь, 2010.

Дисертація присвячена дослідженню змін, подіям за останні 30 років в гідрометеорологічному режимі Азовського моря, термохалинній структурі його вод, водному балансі під впливом регіональних проявів глобальних кліматичних змін і антропогенного впливу на стік рік. Створений масив термохалинних полів Азовського моря для різних кліматичних умов і рівня антропогенного вилучення стоку річок, з оцінкою вкладу різних видів мінливості в загальну дисперсію цих полів. На основі найбільш повної бази океанографічної інформації отримані нові уявлення про просторову і часову мінливість термохалинних характеристик для західної, найменш дослідженої частини Азовського моря. Виконана оцінка вкладу кліматичного і антропогенного чинників в зменшення солоності Азовського моря за останніх 30 років. Визначені нові міжрічні тенденції змін компонентів водного балансу Азовського моря за багаторічний період як наслідок впливу природних і антропогенних чинників. Основні результати роботи знайшли застосування при виконанні прикладних досліджень по гідрометеорологічному забезпеченні проектування технологічних платформ та для вирішення екологічних завдань на шельфі Азово-Чорноморського басейну.

Ключові слова: Азовське море, гідрометеорологічний режим, термохалинна структура, стік річок, водний баланс, кліматичні зміни.

АННОТАЦИЯ

Дьяков Н.Н. Современный гидрометеорологический режим Азовского моря. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 11.00.08 – океанология. – Морской гидрофизический институт НАН Украины, Севастополь, 2010.

Диссертация посвящена исследованию изменений, произошедших за последние 30 лет в гидрометеорологическом режиме Азовского моря, его термохалинной структуре вод, водном балансе под влиянием региональных проявлений глобальных климатических изменений и антропогенного воздействия на сток рек.

Выявлены основные региональные особенности глобальных климатических изменений, произошедшие как за последние 30 лет (1977-2007 гг.), так и за многолетний период в метеорологическом режиме Азовского моря: повышение температуры воздуха, уменьшение скорости ветра и

увеличение количества атмосферных осадков. На пунктах с более чем вековым рядом наблюдений (Таганрог, Керчь) повышение температуры воздуха составило 0,5-1,1°C и близко к оценкам, полученным для станций побережья Черного моря.

Определены многолетние тенденции изменений компонентов водного баланса Азовского моря. В стоке реки Дон значимых тенденций не выявлено, а осенний и зимний сток реки Кубань характеризуется значимыми положительными трендами. Анализ данных натурных наблюдений в северной узости Керченского пролива показал снижение (за 1977-2008 гг.) интенсивности притока через Керченский пролив черноморских вод.

На основе наиболее полной базы океанографической информации получены новые представления о пространственной и временной изменчивости термохалинных характеристик для западной, наименее исследованной части Азовского моря. Выявлены значимые тенденции к потеплению вод моря. Характерной особенностью является потепление вод в марте за многолетний период и за последние 30 лет (1977-2007 гг.) и в летний сезон (август).

Исследована динамика уменьшения солености Азовского моря за период 1977-2007 гг. Определено, что в настоящее время процесс распреснения моря обусловлен климатическими причинами. Выявлена основная особенность распреснения Азовского моря в последние годы (1997-2006 гг.), которая заключается в том, что впервые уменьшение солености моря не связано непосредственно только с увеличением стока рек (преимущественно р. Дона), а объясняется комплексным воздействием других факторов – увеличением количества атмосферных осадков, выпадающих на поверхность моря, увеличением стока р. Кубани, уменьшением испарения, а также снижением поступления солей с адвекцией черноморских и сивашских вод.

Представленные в диссертационной работе результаты комплексного анализа современного гидрометеорологического режима Азовского региона и особенностей его климатических изменений были использованы при выполнении прикладных исследований по гидрометеорологическому обеспечению проектирования технологических платформ и для решения экологических задач на шельфе Азово-Черноморского бассейна, в создании нескольких атласов Азовского бассейна. Новый климатический массив термохалинных характеристик и база гидрометеорологических данных в дальнейшем могут применяться для оценки климатических изменений и математического моделирования экологических процессов в Азовском регионе.

Ключевые слова: Азовское море, гидрометеорологический режим, термохалинная структура, сток рек, водный баланс, климатические изменения.

SUMMARY

Diakov N.N. Modern hydrometeorological regime of Sea of Azov. – Manuscript.

The thesis to claim the academic degree of candidate of geographical sciences on the speciality 11.00.08 – oceanology. – Marine Hydrophysical Institute of the National Academy of Sciences of Ukraine, Sevastopol, 2010.

The thesis is devoted to research changes of the hydro-meteorological regime of the Sea of Azov, its thermohaline structure of waters and a water balance influenced by the regional evidence of the global climate changes and an anthropogenesis influence on the runoff during past 30 years. The array of the thermohaline fields of the Sea of Azov for the different climatic conditions and the anthropogenesis removal of the runoff is created taking into account a contribution of different types of variability in a total variance of these fields. Based on the most comprehensive oceanographic information database, the new insights about of the spatial and temporal variability of the thermohaline characteristics of the western least of the durin balan and a out a platf Blac runc

ени

ка»
8
рации