На правах рукописи

ГАРГОПА Юрий Михайлович

КРУПНОМАСШТАБНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ БИОПРОДУКТИВНОСТИ АЗОВСКОГО МОРЯ

Специальность 25.00.28 - “Океанология”

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание ученой степени
доктора географических наук

Мурманск - 2003

Работа выполнена в Азовском НИИ рыбного хозяйства Госкомрыболовства РФ и Мурманском морском биологическом институте Кольского научного центра Российской академии наук

Официальные оппоненты: доктор географических наук,
Павлова Л.Г.

доктор географических наук, профессор
Филатов Н.Н.

доктор географических наук,
Антонов А.Е.

Ведущая организация: Российский государственный гидрометеорологический университет (РГГМУ)

Защита состоится " 3 " ноября 2003 г. в 14 час. 00 мин. на заседании диссертационного совета Д 002.140.01 при Мурманском морском биологическом институте Кольского научного центра Российской академии наук по адресу: 183010, г.Мурманск, ул.Владимирская, 17

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ММБИ КНЦ РАН.

Автореферат разослан "26" сентября 2003 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат географических наук Е.Э.Кириллова

Общая характеристика работы

Актуальность исследования. Общей чертой южных морей России является повышенная зависимость изменчивости, в том числе крупномасштабной их режимов и биопродуктивности от периодических колебаний климатообразующих процессов и стока рек. На решающую роль их в формировании биопродуктивности Каспийского, Черного и Азовского морей указывали Н.М.Книпович (Книпович, 1938) и Г.К.Ижевский (Ижевский, 1961; 1964).

Несмотря на очевидность приведенных положений оценка причинно-следственных зависимостей и структурных связей между абиотическими и биотическими составляющими экосистем этих морей, климатообразующими процессами, периодичности и сопряженности их крупномасштабных изменений, возможных тенденций в колебаниях гидрометеорологических и океанографических факторов формирования биоресурсов южных морей все еще далека от решения.

Важность подобных исследований подтвердилась практикой водохозяйственного строительства 70-х годов, когда факт периодичности не учитывался и преобладало мнение о неизбежности дальнейшего падения уровня Каспия, повышения солености Азовского моря и углубления негативных процессов в Черном под воздействием роста безвозвратных изъятий речного стока. Доказывалась необходимость реализации проектов по переброске в южные регионы стока северных рек, перекрытия Керченского пролива плотиной, переброски черноморских вод в Каспийское море. Можно только предполагать размеры ущербов южным морям как природным объектам в целом и биоресурсам в частности в случае осуществления этих проектов и ряда идей подобного характера на фоне современного климатообусловленного повышения уровня Каспия, распреснения Азовского моря и улучшения состояния Черного.

Цель и задачи работы: Цель настоящей работы заключается в оценке крупномасштабных изменений гидрометеорологических и океанографических условий формирования биопродуктивности Азовского моря, влияния на них периодических колебаний климатообразующих процессов и антропогенных факторов, сопряженности между ними.

Для достижения цели решались три главные задачи:

1. Оценка причинно-следственных зависимостей и структурных связей между абиотическими и биотическими составляющими экосистемы Азовского моря и его бассейна, климатообразующими процессами;

2. Выявление антропогенных и климатообусловленных изменений стока рек бассейна Азовского моря и океанографических условий формирования его биопродуктивности, оценка гидроэкологических требований к речному стоку в связи с воспроизводством рыбных запасов и сохранением его как природного объекта;

3. Установление периодичности и сопряженности крупномасштабных изменений элементов экосистем Азово-Черноморского и Каспийского бассейнов

и климатообразующих процессов, оценка современных и возможных тенденции в колебаниях гидрометеорологических и океанографических условий формирования биопродуктивности Азовского моря.

Теоретическая значимость. Впервые для Азовского моря исследования климатических и антропогенных аспектов крупномасштабных изменений гидрометеорологических и океанографических условий формирования его биопродуктивности выполнены на основе принципов системного и межсистемного анализов, системной экологии, бассейнового, межбассейнового и регионального подходов с выявлением физической сущности, закономерностей и сопряженности процессов, происходящих в системе атмосфера-гидросфера-биосфера применительно главным образом к Азово-Черноморскому и частично Каспийскому бассейнам.

Научная новизна. Впервые дана оценка влияния на крупномасштабные изменения гидрометеорологических и океанографических условий формирования биопродуктивности Азовского моря не только антропогенных, но и климатообразующих процессов. Показано, что несмотря на антропогенные воздействия ключевыми факторами развития экосистемы Азовского моря остаются климатообразующие процессы и сток рек. Под их влиянием пространственно-временная структура океанологических полей формируется за периоды продолжительностью от синоптических и сезонных масштабов до периодов длительностью от года до 2-7, 9-12 и более лет. В то же время водный режим устьевых областей рек вследствие антропогенных воздействий не соответствует экологическим особенностям воспроизводства рыб. Доказано, что для сохранения Азовского моря как природного и рыбохозяйственного объекта приток речных вод должен быть не ниже 35-36 км^3/год, в том числе весной 17-18 км^3. В отдельные периоды воздействия антропогенных факторов усиливаются либо ослабляются (70-е годы осолонения Азовского моря до 14‰ и его распреснение до 10-11‰ в последние 10-15 лет) квазицикличностью климатообразующих процессов. Устойчивая смена знаков аномалий в многолетних вариациях характеристик гидрометеорологического режима Азовского моря (и других южных морей) его океанографических параметров связаны со сменой в 50-60-х (тип W на E) и 70-80-х (тип E на W) годах макроциркуляционных эпох. Впервые установлено, что современное распреснение Азовского моря и аномальность других параметров его гидрометеорологического режима и океанографических полей вызваны развитием в холодное время года западного (W) и северного (C) типов макропроцессов и ослаблением восточного (E), при годовой частоте их появления близкой к норме, понижении вариабельности. Выявлено благоприятное влияние на воспроизводство рыбных запасов формы W, орицательное типа E и неоднозначное - C. Показано, что пространственно-временным колебаниям стока рек, метеоэлементов, океанографических и биологических показателей Азовского моря (а также Каспийского и Чёрного), повторяемости макропроцессов характерна сопряженность, квазицикличность и неустойчивая периодичность, в том числе долговременная (от 2-3 до 15-20 и 80-90 лет. Сделано пред-

положение, что современные, преимущественно благоприятные для формирования биопродуктивности Азовского моря (а также Каспийского и Чёрного) гидрометеорологические и океанографические условия сохранятся и в большей части первой четверти XXI века.

Практическая значимость. Результаты исследований используются и могут быть применены в дальнейшем для долгосрочного прогноза гидрометеорологических условий формирования биопродуктивности Азово-Черноморского бассейна, при разработке требований рыбного хозяйства к рациональному использованию и охране водных и биологических ресурсов, определения перспектив развития рыболовства, сохранения Азовского моря как природного объекта и восстановления его биологической и промысловой продуктивности в рамках различных "ТЭО", "Схем", "Проектов", "Правил", "Соглашений". Они включены в справочное издание Проект "Моря СССР", Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Том V. Азовское море (1991), Материалы к концепции развития рыбного хозяйства Азово-Черноморского бассейна на период до 2020 г., подготовленные АзНИИРХ в 2002 г., использованы при чтении автором в 1979-1990 гг. спецкурса "Гидрология и промысловая океанография" в Ростовском-на-Дону филиале Всесоюзного заочного института пищевой промышленности.

Основные защищаемые положения:

1. Характер и степень влияния климатообразующих процессов и стока рек на составляющие экосистемы Азовского моря, закономерности формирования его океанографических полей и биопродуктивности.

2. Антропогенный и природообусловленный вклад в колебания речного стока, гидрофизических, гидрохимических и биологических характеристик, динамику рыбных запасов Азовского моря.

3. Климатообусловленность резких изменений в 50-60-х и 70-80-х годах XX века и современных аномалий характеристик гидрометеорологического режима Азовского моря и параметров его океанологических полей.

4. Экологически предельно-допустимые изъятия и преобразования пространственно-временной структуры колебаний стока рек бассейна Азовского моря, обеспечивающие сохранение его как природного и рыбохозяйственного объекта.

5. Периодичность, сопряженность и физическая сущность крупномасштабных колебаний процессов, происходящих в системе атмосфера-гидросфера-биосфера применительно к Азово-Черноморскому и частично к Каспийскому бассейнам.

6. Возможные климатообусловленные изменения гидрометеорологических и океанографических условий формирования биопродуктивности Азовского моря.

В основу работы положены результаты многолетних (1968-2002 гг.) исследований, в том числе и особенно экспедиционных, полученные автором в качестве руководителя и ответственного исполнителя отдельных тем и разделов, главным образом при выполнении в 1980-1988 гг. заданий ГКНТ СССР (0.85.06.01.08; 0.85.06.03.10; 0.85.06.03.02; 0.74.01.13.01) и других, связанных с оценкой современного состояния и возможных изменений гидрологогидрохимического режима Азовского моря, разработкой рекомендаций по охране и рациональному использованию его природных ресурсов, подготовкой монографии "Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т.V. Азовское море, 1991" (Проект "Моря СССР"), разработкой методических рекомендаций и оценкой экологически предельно допустимых преобразований пространственно-временной структуры колебаний стока рек бассейнов южных морей России в 1987-1997 гг., оценкой климатообусловленных закономерностей долгопериодной изменчивости гидрометеорологических и океанографических условий формирования биопродуктивности Азовского и Чёрного морей (Проект "Биоресурсы") в 1993-2002 гг. в рамках НИР АзНИИРХ Госкомрыболовства РФ, а в завершенном виде при подготовке в 1999-2003 гг. отдельных разделов, глав и частей монографий, изданных ММБИ КНЦ РАН (Закономерности океанографических…, 2000; Среда, биота и моделирование…, 2001; Экосистемные исследования…, 2002; Новейшие экологические…, 2003).

Помимо этого использовались опубликованные результаты исследований научных учреждений (Госкомгидромета, Академии наук СССР и РАН, Госкомрыболовства РФ) и особенно фондовые материалы АзНИИРХ, в том числе сектора гидрологических исследований руководителем которого автор был в течение последних 15 лет.

Работа выполнялась на основе принципов системного и межсистемного анализов, системной экологии, бассейнового, межбассейнового и регионального подходов с выявлением физической сущности, закономерностей и степени сопряженности процессов, происходящих в системе атмосфера-гидросфера-биосфера в масштабах Азово-Черноморского и Каспийского бассейнов, их моделированием с помощью методов математической статистики.

Апробация работы. Основные результаты диссертации докладывались на ежегодных отчетных сессиях Ученого совета и конференциях по итогам работы АзНИИРХ с 1972 по 2002 гг., Всесоюзных координационных совещаниях по Проекту "Моря СССР" в 1982-1988 гг. (гг. Севастополь, Одесса, Ленинград, Махачкала), на Всесоюзных и Всероссийских конференциях по проблемам промысловой океанологии (Мурманск, 1983; 1986; 1990; 1995; 1998; Ленинград, 1984; Калининград, 1989); на VII съезде ГО СССР (г. Фрунзе, 1980), Всесоюзном симпозиуме "Научные основы оптимизации, прогноза и охраны природной среды" (Москва, 1986 г.), III съезде советских океанологов (Ленинград, 1987 г.), Всесоюзной конференции "Современное состояние и перспективы рациональ-

ного использования и охраны рыбного хозяйства в бассейне Азовского моря" (Ростов-на-Дону, 1987 г.), Первой межреспубликанской конференции по комплексному изучению, использованию и охране природных богатств бассейнов Черного и Азовского морей (Ростов-на-Дону, 1986 г.) и др. В окончательном виде они доложены на заседаниях НКС Межведомственной ихтиологической комиссии по комплексному использованию водных ресурсов и охране водных экосистем в 1989 и 1995 гг., по биологическим ресурсам Мирового океана (секция промысловой океанологии) в 2000-2003 гг., Международном научном семинаре "Проблемы биологии и геологии в связи с перспективой рыболовства и нефтегазодобычи в Азовском море" (г.Ростов-на-Дону, 2000), Международной конференции "Биологические ресурсы окраинных и внутренних морей России и их рациональное использование" (Ростов-на-Дону, 2000 г.), Международной конференции "Проблемы сохранения экосистем и рационального использования биоресурсов Азово-Черноморского бассейна (Ростов-на-Дону, 2001 г.), Международной конференции "Современные проблемы океанологии шельфовых морей России" (Ростов-на-Дону, 2002 г.).

Публикации. Основные результаты исследований отражены в 51 публикациях, в том числе 8 монографиях и 10 статьях, опубликованных в журналах рекомендованных ВАК.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 3 частей, включающих 12 глав, 39 подразделов, заключения с выводами, списка литературы (294 названия, в том числе 25 иностранных) и 5 приложений. Объем работы 467 страниц, включая 76 рисунков и 46 таблиц по тексту, а также список литературы на 30 страницах и 5 приложений с рисунками и таблицами на 61 странице.

Содержание работы

ЧАСТЬ I. Причинно-следственные зависимости и структурные связи между абиотическими, биотическими составляющими экосистемы Азовского моря и его бассейна, климатообразующими процессами

После фундаментальных работ Н.М.Книповича (Книпович, 1938) результаты исследований подобного направления опубликованы в виде многочисленных статей и монографических изданий (Симонов, 1969; Симонов, Гоптарев, Затучная, 1966; Спичак, 1961, 1963; Бронфман и др., 1979, 1985; Аведикова, 1972, 1976; Дубинина, Козлитина, 1976; Шлыгин, 1980; Кукса, 1994 и многие др.). Причем исследовался период преимущественно с начала 50-х до начала 80-х годов XX века. Несмотря на объемность, глубину и детальность указанных работ удовлетворительные результаты получены не были. В большинстве случаев связано это с причинами объективного характера (отсутствие достаточно длительных, непрерывных, качественно однородных и надежных материалов). В первую очередь это относится к оценке влияния на элементы водного балан-

са, соленость, биогенные вещества, воспроизводство рыбных запасов Азовского моря таких факторов, как речной сток, температура, ветер и особенно крупномасштабных процессов в атмосфере. При этом наименее освещен в этом отношении современный период, последние 10-15 лет которого выделяются резко выраженной аномальностью гидрометеорологических условий формирования биопродуктивности Азовского моря.

ГЛАВА 1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА И БИОПРОДУКТИВНОСТИ АЗОВСКОГО МОРЯ

Дается оценка географического положения, берегов, рельефа дна, грунтов, климатообразующих и метеорологических факторов, водного баланса, солености и химического состава, режима уровня, течений, волнения, процессов перемешивания, выполненая на основе монографических справочных изданий (Гидрометеорологический режим…, 1962; Гидрометеорологические условия шельфовой зоны…, 1986; Гидрометеорология и гидрохимия…, 1991). В подготовке и написании отдельных разделов последнего из них автор самостоятельно либо вместе с другими специалистами ГОИН и АзНИИРХ принимал участие. Привлекались дополнительные источники и результаты оценки отдельных гидрометеорологических характеристик режима Азовского моря последних 15 лет, выполненные автором на основе наблюдений сектора гидрологических исследований АзНИИРХ и сети ГМС Госкомгидромета.

Азовское море до недавнего прошлого являлось самым продуктивным в мире рыбопромысловым водоемом, что главным образом определялось исключительно благоприятными физико-географическими и в частности гидрометеорологическими условиями.

К ним относятся: внутриконтинентальное расположение Азовского моря в умеренных широтах на южной окраине Русской равнины; малые размеры и мелководье (площадь около 39 тыс.км^2; объем – 323 км^3; средняя глубина - 8,5 м; максимальная – 13 м), большой приток суммарной солнечной радиации (от 4,9 до 5,3 тыс.МДж/м^2), положительный за год радиационный баланс, обусловливающий относительно высокую температуру воды (11,5^{0}С); характер циркуляции атмосферы определяющий в частности интенсивное ветровое перемешивание вод; большой, относительно объема моря, приток, обогащенных биогенными веществами, речных вод (около 41 в естественный период и 34-35 км^3/год в последние 50 лет), что обусловливает положительный пресный баланс, пониженную, примерно втрое по сравнению с водами океана, соленость (10.6 в естественный период и 11.6‰ в современный при колебаниях от 9 в 1932 г. до 13.8‰ в 1976 г.) и высокие концентрации в его водах биогенных солей (общий азот в среднем 1000 мг/м^3, в том числе минеральный – 120 мг/м^3; общий фосфор – 65 мг/м^3, в том числе минеральный – 9 мг/м^3; кремний – 570 мг/м^3). В значительной степени его высокая биопродуктивность была связана с наличием

огромных площадей русловых (большая часть которых в результате гидротехнического строительства потеряна), пойменных и лиманных нерестилищ проходных и полупроходных рыб, размножение которых обеспечивалось высоким и продолжительным весенним(55% от годового объема в естественный период и 29% в современный) либо весенне-летним половодьем. Азовскому морю характерна малая инерционность и быстрая реакция на изменчивость речного стока и атмосферных процессов, определяющие большую пространственно-временную изменчивость не только гидрофизических и гидрохимических параметров, но и биологических характеристик.

ГЛАВА 2. Влияние речного стока и метеорологических элементов на соленость, термохалинную структуру и вертикальную устойчивость вод Азовского моря

Характерной чертой Азовского моря является повышенная зависимость его гидрологического режима и особенно солености от стока рек, объем которого определяется главным образом количеством атмосферных осадков, выпавших в их бассейнах за холодное время года (r=0.76-0.96) (Гаргопа, 1973; 1979; 1981, 2002, 2003).

Оценка указанных связей показала, что сток Кубани возрастает при повышении температурного фона летом (усиление таяния горных снегов и ледников), а у рек Восточного Приазовья в случае его понижения зимой (сохранение снега на водосборе, глубокое промерзание почвы, способствующие формированию высокого весеннего половодья). Вместе с тем коэффициенты корреляции, отражающие эти связи невелики (r=0,26 и -0,42 соответственно). Решающее значение имеет количество атмосферных осадков, выпавших в различных зонах бассейнов указанных рек за холодное время года (ноябрь-март) и период аккумуляции (октябрь-апрель). На этой основе получен ряд уравнений аппроксимирующих указанные зависимости (R=0.77-0.96; Z=4.5-11.5; S_y/σ_y=0.28-0.64).

Соленость воды как важнейший абиотический фактор среды в значительной мере прямо и косвенно определяет состояние биотических компонентов экосистемы Азовского моря. Работы связанные с оценкой влияния речного стока на соленость Азовского моря выполнялись и ранее (Спичак, 1961; 1963; Симонов и др., 1966, 1969; Бронфман и др., 1976; 1979; 1985). Однако по объективным причинам использовался качественно неоднородный ряд наблюдений за соленостью Азовского моря с начала 20-х до начала 70-х годов XX века, что не позволило получить удовлетворительные результаты. Нами при рассмотрении влияния речного стока на многолетний режим и поля солености использовалась его величина за годовой период, предшествующий осенней съемке (октябрь-сентябрь), с последующей постепенной сдвижкой на месяц до достижения максимума корреляции и качественно однородные ряды наблюдений за соленостью сектором гидрологии АзНИИРХ с 1960 г.

В результате для 1960-1986 гг. выявлена существенная отрицательная

корреляция между годовыми значениями речного стока и солености Азовского моря (r=-0,50…-0,61). Причем максимальна она при сдвижке речного стока на 4 месяца назад, если в качестве независимой переменной берется сток рек с июня предшествующего по май текущего года. В пространственном отношении теснота связи уменьшается в направлении с северо-востока на юго-запад от Таганрогского залива (r=-0,76…-0,94) к Арабатской стрелке и Керченскому проливу (r=-0,21…-0,33), т.е. по мере ослабления опресняющего влияния стока Дона и Кубани и усиления осолоняющего воздействия притока черноморских вод. Наименьшее влияние речной сток первого года оказывает на изменение солености в западной части центрального, в северо-западной предпроливного и восточных частях второго районов. Эта часть акватории Азовского моря является, видимо, наиболее "застойной" его зоной, характеризующейся малой межгодовой изменчивостью не только солености, но, вероятно, и других гидролого-гидрохимических и биотических параметров. Многолетние изменения солености Таганрогского залива вследствие относительно незначительного его объема (25,4 км^3) и соизмеримости с годовой водностью, впадающей в него, р.Дон, определяются главным образом аналогичными изменениями годового стока рек в Азовское море (r=-0,89). Объем же Азовского моря (323 км^3) в 9-10 раз превышает суммарную величину притока донских и кубанских вод. Поэтому его соленость в наибольшей степени коррелируется (r=-0.97) с суммарным стоком Дона и Кубани за рассматриваемый год и 4-5 предшествующих лет. Лишь в примыкающей к Таганрогскому заливу части собственно моря они обусловлены суммарным стоком рек за 4-5, а в прилегающем к Арабатской стрелке юго-западном районе за 6-7 лет.

Соленость вод поверхностного слоя Черного моря (0-200 м) является результатом влияния суммарного стока рек его бассейна за рассматриваемый год и семь предшествующих лет (r=-0.74). Уровень Каспия повышается, а соленость северной его части понижается в годы с повышенным стоком р.Волги (r=0.32 и –0.61), особенно в случае её многоводья в предшествующие 3-5 лет (r=0.74…0.80 и r=-0.74…-0.76).

Были получены статистические модели, аппроксимирующие зависимости солености Азовского моря, в его отдельных районах, на стандартных станциях, зон с различной соленостью, от речного стока, а также ее предшествующего состояния (R=0,87-0,99; Z=5,5-10,5; S_Y/σ_Y=0,18-0,46).

Следует отметить, что зависимость солености Азовского моря от речного стока в последующие 15 лет статистически выглядит менее существенной, что связано главным образом с изменениями характера климатообразующих процессов и будет показано во второй части.

В результате взаимодействия азовоморских, черноморских, речных, лиманных и сивашских вод в Азовском море формируются горизонтальные и вертикальные градиенты плотности, фронтальные зоны и разделы в основном адвективного и стокового, либо смешанного происхождения, имеющие в зависимости от характера синоптических условий разное местоположение и масшта-

бы, различную продолжительность существования.

При их оценке мы придерживались известных представлений о физической природе и структуре океанических фронтов (Федоров, 1983), стоковых фронтов в шельфовых зонах (Иванов, Николаенко, 1994).

К мелкомасштабным и кратковременным, возникающим только в периоды непродолжительного весеннего половодья или скоротечного прохождения паводков можно отнести фронтальные разделы между речными и азовоморскими водами непосредственно в устьевых областях маловодных рек Северного Приазовья. Среднемасштабные, существующие весь год, но главным образом, в его теплый период, представлены не резко выраженными фронтами, формируемыми в процессе водообмена с Азовским морем кубанских дельтовых лиманов, воды которых в большинстве случаев слабо минерализованы, а также еще менее выраженными фронтальными зонами вблизи гирл лиманов рек Северного и Восточного Приазовья (Молочный, Миусский, Бейсугский Ейский). Крупномасштабными являются фронтальные зоны и стоковые фронты, формирующиеся в Таганрогском заливе в устьевой области р. Дон и на взморьях рукавов р. Кубань (Петрушин, Протока). Они представляют переходную с четко выраженными фронтальными разделами зону между речными и азовоморскими водами, значительно отличающимися по гидрофизическим, физико-химическим и биологическим характеристикам. Существуют весь год, достигая максимальных размеров в периоды весенне-летнего половодья. В условиях сгона опресненные (0-9‰) зоны увеличиваются, а при нагоне уменьшаются, прижимаясь к морскому краю дельты. В штормовых ситуациях, при сгонных ветрах и течениях, направленных под острым углом к берегу может происходить отрыв отдельных объемов сравнительно опресненной воды и дальнейший дрейф в виде постепенно размывающихся “блюдец”. Циклональный круговорот и система течений на периферии Азовского моря способствуют переносу их из района устьевого взморья р.Кубань в открытую часть моря и вдоль восточного побережья вплоть до Таганрогского залива. Но время их существования, видимо, не продолжительно, в силу мелководности Азовского моря и развития в нем двухслойной разнонаправленной циркуляции, а также ветрового перемешивания до дна.

Известно, что вертикальные градиенты плотности воды, характеризующие устойчивость вод Азовского моря определяются неоднозначным влиянием пространственно-временных изменений температуры воздуха, скорости и направления ветра, речного стока и других составляющих водного и солевого балансов и особенно водообмена с Черным морем.

Повышение либо понижение ветровой активности может в различных частях акватории Азовского моря вызывать неоднозначный эффект, усиливая плотностную стратификацию в одних и ослабляя в других. Влияние же температурного фона выражено более определено. Его повышение особенно в летнее время способствует плотностному расслоению вод моря по вертикали, главным

образом в его открытой части, а понижение, наоборот, приводит к его уменьшению, вызывая преимущественно в холодный период развитие конвективного перемешивания. В периоды распреснения Азовского моря и редких адвекций черноморских вод рост плотностных градиентов локален и приурочен к Керченскому проливу и в маловодные годы к взморьям рек Дон и Кубань. В периоды осолонения после многоводных лет эти зоны расширяются. Высокие значения вертикальной устойчивости обычно наблюдаются в устьевых областях рек Дон и Кубань, Таганрогском и Темрюкском заливах (от 20-30 до 50-70 и даже 100 тыс.усл.ед.), в северной, восточной и южной частях собственно Азовского моря (до 20-50 тыс.усл.ед.).

В целом соленость, термохалинная структура и вертикальная устойчивость вод Азовского моря формируются главным образом речным стоком во взаимодействии с температурой и ветром преимущественно за периоды продолжительностью от синоптических масштабов, сезона и одного года до 4-6 и более лет (Гаргопа 1984, 1987, 1988, 1990, 1991, 2000-2003).

ГЛАВА 3. Влияние гидрометеорологических условий на формирование биогенных веществ в Азовском море

Исследования, связанные с оценкой влияния гидрометеорологических элементов на биогенные вещества в Азовском море выполнялись и ранее (Бронфман и др., 1976, 1979, 1985). Однако надежных связей, особенно с речным стоком получено не было. Нами использованы главным образом качественно однородные ряды наблюдений за биогенными веществами лаборатории гидрологии и гидрохимии АзНИИРХ в 1960-1986 гг.

Процесс формирования в Азовском море режима биогенных элементов зависит не только от речного стока, но и от ряда других факторов. Тем не менее его воздействие является определяющим. Так, растворенные в воде азот, фосфор, кремнекислота находятся в прямой зависимости (r=0,45-0,63) от объема стока рек за рассматриваемый и соответственно за 3, 5-9 и 2-5 предшествующих лет. Степень корреляции минерального фосфора и аммонийного азота с речным стоком отрицательна (r=-0,40…-0,60). Это свидетельствует о значительном вкладе в их формирование иных факторов, и в частности гидродинамических. В целом, вклад многолетних колебаний речного стока в аналогичные изменения концентраций азота менее существенен, чем в многолетние флуктуации кремнекислоты и особенно фосфора. Объясняется это, видимо, неоднозначностью влияния ветровой активности на многолетнюю динамику азота и фосфора в водах Азовского моря, различиями типов и структур биогеохимических циклов биогенных элементов (Гаргопа и др., 1984; Гаргопа, 1987, 1988, 1991, 2000-2002).

Ветровая активность оказывает положительное влияние на содержание фосфора и кремнекислоты (r=0.30…0.49) в водах Азовского моря, концентрация азота, наоборот, при усилении турбулентного перемешивания уменьшается

(r=-0.60…-0.65). Положительное влияние турбулентного перемешивания на содержание фосфора в водах Азовского моря отмечалось и ранее (Дацко, 1959). В этих условиях наблюдается взмучивание отложений, увеличивается абразия берегов, уменьшается интенсивность седиментации наносов, приносимых реками, возрастает перенос взвешенных наносов из Таганрогского залива, устьевых зон рек Дон и Кубань, т.е. из районов их наибольшей концентрации в открытую часть моря. В результате усиление ветровой деятельности способствует обогащению всей водной толщи взвесью и частичному переходу, содержащихся в ней биогенных веществ в растворенном состояние. При этом, видимо, чем длительнее сохраняется повышенная динамика вод, тем интенсивнее, поднятые со дна тонкодисперсные фракции донных отложений и, поступившие с эоловыми наносами, со стоком рек и в результате абразии берегов, терригенные и органические вещества подвергаются гидродинамическому и физико-химическому воздействиям и тем большее количество взвешенных веществ переходит в растворенное состояние. Что касается отрицательной корреляции между азотом и ветровой активностью, то можно предполагать наличие и других аспектов прямого или косвенного влияния ее на концентрацию азота в водной толще Азовского моря. В частности, вероятно, более интенсивное течение процессов фиксации азота атмосферы микроорганизмами в условиях слабой динамики водных масс (Hutchinson, 1944; Хатчинсон, 1969; Кузнецов и др., 1985). Причина обратной корреляции между скоростями ветра и содержанием в азовоморских водах минеральных форм азота (r=-0.58…-0.71) и фосфора (r=-0.45…-0.75) заключается по-видимому, еще и в том, что пониженная ветровая активность способствует возникновению анаэробных условий в придонных слоях Азовского моря. При этом, как было установлено (Mortimer, 1941; 1942; 1949), а затем подтверждено многочисленными работами зарубежных и советских исследователей, восстановление поверхностного водонасыщенного ила влечет за собой высвобождение в раствор кроме сероводорода, сульфатов, двухвалентного марганца и железа, органических соединений, аммония, силикатов и фосфатов. Кроме того, обращено внимание на очень большой вынос аммония из водоемов в атмосферу при ветровом перемешивании (Кузнецов и др., 1985). Концентрация аммония и в меньшей степени нитратов в водах Азовского моря повышается в периоды понижения ветровой активности (r=-0,50…-0,64 и -0,35…-0,45 соответственно), а нитритов, наоборот, в случае ее роста (r=0.52-0.80).

Установлена положительная зависимость содержания в водной толще Азовского моря кремнекислоты, азота и фосфора от температуры воды (r=0,30-0,66) особенно зимнего и летнего периодов.

Впервые выполнена оценка влияния элементов гидрометеорологического режима на содержание биогенных веществ в донных отложениях. Содержание общего азота в донных отложениях Азовского моря повышается (r=0.76) после многоводных лет и последующего распреснения моря (r=-0.54…-0.74), а также в годы с пониженным температурным фоном (r=-0.32) и повышенной ветровой активностью (r=0.46…0.60). В обратных гидрометеорологических условиях его

концентрация уменьшается. Содержание общего фосфора в донных отложениях в отличие от общего азота после многоводных лет и в условиях последующего распреснения моря уменьшается. В случае маловодья на реках и осолонения Азовского моря его концентрация возрастает (r=-0.48…-0.80 и r=0.45…0.63. Увеличению его содержания способствуют понижение ветровой активности (r=-0.44…-0.57) и похолодание (r=-0.23…-0.28). Противоположные синоптические ситуации создают условия для падения содержания общего фосфора в донных отложениях Азовского моря.

Получены статистические модели, удовлетворительно аппроксимирующие описанные зависимости (R=0,70-0,85; Z=4,0-6,0; S_Y/σ_Y=0,53-0,74).

ГЛАВА 4. Воздействие речного стока и гидрометеорологических факторов на первичную продукцию, планктонные и донные сообщества, воспроизводство рыб Азовского моря

Дается оценка зависимости многолетней динамики биологической и промысловой продуктивности Азовского моря от речного стока и других элементов его гидрометеорологического режима. В качестве биологических показателей взяты, опубликованные и фондовые материалы АзНИИРХ: уровень первичного продуцирования, биомассы фитопланктона, зоопланктона, зообентоса (1958-1986 гг.), уловы, запасы, промысловый возврат судака, леща, тарани, севрюги, осетра, белуги и других видов рыб (1918-1986 гг.). В качестве предикторов использовался сток рек Дон и Кубань за год, в различные сезоны, в наиболее важные для гидробионтов периоды их жизни и за различное число предшествующих лет в зависимости от возрастной структуры популяций, а также другие характеристики гидрометрежима.

Наиболее существенное влияние на первичную продукцию органического вещества оказывает речной сток (r=0.69), а также температура и динамика вод (r=0.30…0.44), хотя воздействию ветровой активности свойственна противоречивость и неоднозначность. На реальность зависимости первичной продукции от речного стока указывает и наличие прямой корреляции (r=0.71…0.91) между содержанием в донных отложениях Азовского моря хлорофилла "а" и речным стоком за тот же год. Биомассы фитопланктона и зоопланктона Азовского моря находятся в положительной зависимости (r=0.31…0.65) от стока рек, и определяются его величиной за рассматриваемый год и 2-6 предшествующих. У биомассы зообентоса зависимость от речного стока, наоборот, отрицательна и определяется его объемом за рассматриваемый год и 5-7 предшествующих. Причем, максимальна она для Таганрогского залива (r=-0.86), а для собственно моря лишь приближается к статистически значимой (r=-0.31…-0.47). Влияние ветровой активности и температуры вод в целом положительно для биомасс фитопланктона и зоопланктона (r=0.35…0.46), а для биомасс зообентоса статистически не значимо. Корреляция первых двух показателей с соленостью вод Азовского моря отрицательна (r=-0.31…-0.61), а по-

следнего, наоборот, положительна (r=0.47…0.75). Получены многофакторные статистические модели, и ряд однофакторных нелинейных уравнений (R=0.60-0.91; η=0.96-0.99; S_Y/σ_Y=0.43-0.79) аппроксимирующие приведенные выше зависимости.

Влияние ветровой активности на эффективность воспроизводства рыбных запасов Азовского моря крайне противоречиво и неоднозначно. Но в целом при колебаниях ветровой активности в пределах оптимального интервала её результирующий эффект для экосистемы Азовского моря благоприятен. Запасы всех видов рыб возрастают после холодных зим (r=-0.37…-0.65) и весен (r=-0.53…-0.67). Решающим фактором, определяющим состояние абиотических условий их размножения, нагула и дальнейшей жизни в реках, на поймах, в лиманах, устьевых взморьях и Азовском море, является речной сток.

К середине 70-х годов прошедшего столетия было известно много работ, посвященных оценке зависимости эффективности воспроизводства рыб от гидроэкологических (главным образом солености) условий их жизни в море. Зависимость же его от стока рек исследовалась слабее, причем для проходных рыб преимущественно в качественном аспекте. В связи с этим нами с 80-х годов прошлого века, в рамках исследований, связанных с определением экологически предельно допустимых изъятий речного стока в бассейнах южных морей России выполнялась оценка зависимости многолетней динамики уловов, запасов и промыслового возврата проходных и полупроходных рыб Азовского моря от пространственно-временных колебаний водности рек (Гаргопа, 1988-1990, 2000, 2003).

При этом учитывался уровень изъятий воды и степень зарегулированности стока рек, изменения методик учёта рыб и другие факторы объективного характера, резко нарушающие качественную однородность рядов наблюдений.

Для уловов и запасов осетровых рассматривались следующие периоды: 1930-1941 гг.; 1930-1941, 1947-1957 гг.; 1947-1957 гг.; 1947-1964 гг.; 1965-1986 гг. Для полупроходных рыб использовались три выборки: 1930-1941 гг.; 1930-1941, 1947-1957 гг.; 1964-1986 гг. Для первого из указанных периодов характерно отсутствие ощутимых изъятий, зарегулирования и загрязнения стока рек. На конец второго приходится начало воздействия возрастающих безвозвратных изъятий речного стока в бассейне Азовского моря и зарегулирования р.Дон Цимлянским водохранилищем. Последующие годы – это период прогрессирующего роста антропогенного сокращения и зарегулирования стока рек. Последний период выделен в связи с введением прямого учета рыб вместо биостатического, а также в связи с увеличивающимся вкладом в формирование запасов рыб, особенно осетровых, промышленного рыбоводства. Для промыслового возврата поколений рыб использованы сформированные по приведенному выше принципу расчетные периоды продолжительностью от 9 до 34 лет.

Статистический анализ и моделирование зависимости многолетней динамики уловов, запасов и промыслового возврата поколений, проходных и полупроходных рыб Азовского моря от аналогичных изменений стока рек показали

наличие между ними весьма существенной положительной согласованности (r=0,40-0,96; η=0,75-0,96). При этом корреляция уловов и запасов осетровых рыб максимальна в основном с суммарным годовым, весенним, летним сток рр.Дон и Кубань за предшествующие 4-6; 9-12 и более лет, а полупроходных рыб – преимущественно за 3-6 лет.

ГЛАВА 5. Влияние климатообразующих процессов на соленость и биоресурсы Азовского, Черного и Каспийского морей

Пространственно-временная структура гидрофизических полей формируется под влиянием атмосферной циркуляции.

Атмосферная циркуляция изменчива не только в пространстве, но и во времени. Ее многолетние колебания имеют периодичность, в том числе долгопериодную, определяя соответствующую изменчивость гидрометеорологических и океанографических характеристик.

В качестве показателей атмосферной циркуляции принята типизация синоптических процессов, установленная Г.Я.Вангенгеймом (Вангенгейм, 1938) и развитая в дальнейшем А.А.Гирсом (Гирс, 1971, 1974; Гирс, Кондратович, 1978; и др). Материалы о повторяемости западной (W), восточной (E), северной (C) форм атмосферной циркуляции за 1891-1972 гг. взяты (Гирс, 1971,1974), за последующие годы оценены частью по сведениям опубликованным в печати, частью любезно предоставлены нам А.Е.Антоновым (ГосНИОРХ) и К.В.Кондратовичем (РГГМУ).

Статистическая оценка зависимости воспроизводства запасов отдельных видов рыб Азовского моря (осетровые, судак, лещ, рыбец, шемая, хамса)от характера атмосферной циркуляции, показала противоречивость влияния ее различных форм.

Но в целом рыбопродуктивность возрастает в годы развития западной формы (W) атмосферной циркуляции (r=0,30-0,72) и, наоборот, несколько уменьшается в случае повышенной повторяемости восточного (E) типа макропроцессов (r=-0,20…-0,58). Влияние северной (C) формы неоднозначно. При этом у запасов и уловов проходных и полупроходных рыб наиболее существенна корреляция с числом дней с различными формами атмосферной циркуляции за 2-6, 9-12 и более предшествующих лет.

Получен ряд статистических моделей удовлетворительно (R=0,49-0,79; η=0,70-0,86) описывающих рассмотренные выше связи, которые генетически обоснованы.

Исследования, выполненные (Гаргопа, 1993, 1995, 1997-2000) в отношении элементов водного баланса Азовского моря показали положительное влияние на сток рек развития северного типа макропроцессов в холодное время года (r=0.69), а отрицательное восточного (r=-0.48) и комбинированной формы E+W (r=-0.71). Подъему стока р.Кубань способствует развитие выше нормы формы C (r=0.52…0.56), а снижению E в комбинации с W (r=-0.42…-056). Ре-

акция водности р.Дон на указанные типы макропроцессов аналогична (соответственно r=0.61 и r=-0.62). Для зарегулированного периода наиболее существенным выглядит положительное влияние на сток р.Кубань суммы дней за холодное время рассматриваемого года с формой C+W и C (r=0,41; 0,43), а в его последние 16 лет с макропроцессами типа W и W+C (r=0,56). Понижению же стока р.Кубань в указанные годы (r=-0,56) и в зарегулированный период в целом (r=-0,42) способствовало развитие выше обычного формы E. Пресный баланс Азовского моря в годы развития формы W увеличивается, а при доминировании C и особенно E уменьшается. Для Черного моря сток рек и пресный баланс возрастают в годы увеличения повторяемости формы E (r=0.45…0.59), а в годы доминирования типов C и W уменьшаются (соответственно r=-0.49…-0.59 и r=-0.40…-0.47). При росте повторяемости формы E приток соленых вод из Мраморного моря через Босфор в Черное, уменьшается (r=-0,39…-0,40), а сток менее соленых черноморских возрастает (r=0,42-0,43). Поступление в Черное море мраморноморских вод возрастает в случае увеличения повторяемости форм W (r=0,41) и C (r=0,54). Одновременно уменьшается отток черноморских вод в Мраморное море (r=-0,42; -0,55). В случае развития комбинированной формы атмосферной циркуляции W+C либо C+W приток вод через Босфор из Мраморного моря в Черное возрастает (r=0,51), а обратный отток черноморских вод, уменьшается (r=-0,52). Что же касается водообмена между Черным и Азовским морями через Керченский пролив, то положительная корреляция (r=0,61) установлена между притоком черноморских вод в Азовское море и числом дней с формой C. Водность р.Волги возрастает при усилении частот появления формы W (r=0.39…0.52) и понижается (r=-0.38…-0.53) в случае доминирования типа E+C.

Для большинства элементов водного баланса Азовского и Черного морей (в определенной степени и Каспия) влияние атмосферных процессов рассматриваемого года статистически выглядит не значимым и становится таковым при сохранении знака лишь при учете повторяемости форм атмосферной циркуляции предшествующих 1-2, 3-4 и даже 6-7 лет.

Анализ колебаний солености Азовского моря и характера атмосферных процессов в зарегулированный период (1952-2001 гг.) показал, что распреснению моря способствовало развитие выше нормы и особенно в холодный период его последних 19 лет (1983-2001 гг.) западного (r=-0.67 и r=-0.74…-0.82) и северного (r=-0.41…-0.48 и r=-0.66…-0.82) типов макропроцессов либо W+C (r=-0.71…-0.77 и r=-0.80…-0.87), а осолонению рост частоты появления формы E (r=0.69…0.78 и r=0.81…0.88). Значительна корреляция форм W (r=-0.58…-0.81), E (r=0.84…0.85), C (r=-0.56…-0.87) и W+C (r=-0.77…-0.82) с соленостью Азовского моря для 1987-2001 гг. Необходимо отметить статистически значимую корреляцию солености Азовского моря с повторяемостью форм W, C, E и W+C в рассматриваемый год, составляющую для холодного периода соответственно r=-0.44; -0.45; 0.61 и -0.61.

В отличие от солености Азовского моря, средняя для слоя 0-200 м соле-

ность Черного, наоборот, при развитии северной и в меньшей степени западной форм атмосферной циркуляции возрастает (соответственно r=0.75…0.85 и r=0.62…0.75), а в случае доминирования восточной понижается (r=-0.81). Максимум корреляции приходится на годовые суммы дней с различными типами макропроцессов за рассматриваемый год и 3-7 предшествующих лет. Определенное влияние оказывают атмосферные процессы предшествующих 8-20 лет, о чем свидетельствует увеличение приведенных выше коэффициентов корреляции до 0.90; 0.89 и –0.93. При этом для формирования солености Черного моря характер атмосферных процессов холодного периода также важен, но менее значим (r=0.61; 0.65 и –0.82), чем в целом за год. Вклад в изменения солености Черного моря атмосферных процессов рассматриваемого года наиболее существеннен для форм E и C (r=-0.44; 0.49), для W он статистически не значим.

На основе изложенного выполнено статистическое моделирование влияния различных форм атмосферной циркуляции на речной сток, соленость Азовского и Черного морей (R=0.71…0.93; S_Y/σ_Y=0.34-0.80).

Реакция уровня Каспийского моря и солености его северной части на типы макропроцессов схожа с откликом подобных характеристик Азовского. В годы развития формы W уровень повышается (r=0.72…0.80), а соленость понижается (r=-0.69…-0.71). Влияние типа C аналогично, но выражено слабее и лишь в комбинации с формой W (W+C) ощутимо (r=0.64…0.71; r=-0.69). Эффект воздействия типа E противоположен (r=-0.61…-0.72; r=0.68). Как и у Азовского моря реакция уровня Каспийского и солености его северной части статистически значима с годовой повторяемостью либо за холодный период форм W (r=0.58 и –0.57), E (r=-0.50 и 0.55) и W+C (r=0.51 и –0.69). Также как и у Азовского моря изменения знаков аномалий различных типов макропроцессов опережают последующие знаки аномалий в колебаниях уровня Каспия и солености его северной части на период от 1-2 до 3-5 лет.

ЧАСТЬ II. АНТРОПОГЕННЫЕ И КЛИМАТООБУСЛОВЛЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ СТОКА РЕК БАССЕЙНА АЗОВСКОГО МОРЯ И ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ ЕГО БИОПРОДУКТИВНОСТИ

Ранее было показано, что состояние абиотической части экосистемы Азовского моря, его биологическая и промысловая продуктивность определяются главным образом климатообразующими процессами, объемом и пространственно-временной структурой колебаний стока рек. Между тем этот ключевой для экосистем всех южных морей России фактор подвергается возрастающему воздействию изъятий, внутригодового, межгодового и территориального перераспределения. Оно привело к уменьшению на треть годового объема речного стока, еще более значительному сокращению наиболее важного для воспроизводства рыб весеннего либо весенне-летнего половодья и неблаго-

приятным для экосистемы Азовского моря изменениям океанографических условий формирования его биопродуктивности.

ГЛАВА I. Природообусловленная структура пространственно-временных колебаний стока рек бассейна Азовского моря и ее антропогенные преобразования

Антропогенным преобразованиям стока рек бассейна Азовского моря посвящено много детальных и глубоких работ (Бочков, Иванова, 1972; Шикломанов, 1979; Рахманов, 1973 и др.). Но освещают они в основном периоды до середины 80-х годов прошлого столетия. Кроме этого в большинстве из них слабо отражены климатические аспекты изменений характеристик речного стока, особенно в современных условиях. И, наконец при анализе и оценке изменений пространственно-временной структуры колебаний речного стока не в должной мере учитывались вопросы, касающиеся воспроизводства рыбных запасов и гидроэкологических проблем в целом. В определенной степени эти аспекты рассмотрены в 70-х – 80-х годах (Гаргопа, 1973, 1974, 1980; Дубинина, Гаргопа, 1974; Гаргопа и др., 1980, 1981; Богучарсков, Гаргопа. 1986; Бронфман, Дубинина, Макарова, 1979; Бронфман, Хлебников, 1985), но главным образом в последних публикациях (Гаргопа, 2000-2003).

В естественный период (1912-1951 гг.) годовой сток р.Дон при норме 27.9 км^3/год колебался от 11,8 (1930 г.) до 52,0 км^3 (1942 г.). Сток р.Кубань менее изменчив (C_v=0,17), чем р.Дон (Cv=0.39) поскольку в отличие от последнего формируется не только за счет снегового и дождевого питания, а также и грунтового, но и за счет таяния высокогорных снегов и ледников. Наибольший сток (17,8 км^3) этой реки наблюдался в 1915 г., наименьший (8,6 км^3) в 1930 г. при норме 13.5 км^3/год. По характеру внутригодового распределения стока р.Дон относится к водотокам с весенним половодьем (70% годового объема), а р.Кубань к водотокам с весенне-летним (62% годового объема за апрель-август). Общий сток рек составлял 40 км^3/год при колебаниях от 22 (1935 г.) до 68 км^3 (1915 г.) и Cv=0,29. При этом на долю весеннего стока приходилось 56% (22,3 км^3) его годового объема.

Для изменений естественного стока рек с 1911 по 2000 гг. характерна слабо выраженная тенденция его увеличения (1,1 км^3 или 3%), связанная с наличием положительного тренда (2,0 км^3 или 16%) в многолетних колебаниях водности р.Кубань, поскольку в аналогичных изменениях стока р.Дон прослеживается отрицательная тенденция (0,9 км^3 или 3%). Для многолетних с 1952 по 1986 гг.) колебаний естественного стока установлен положительный тренд (4,5 км^3 или 12%, в том числе: Дон 5,1 км^3 или 22%; Кубань 1,0 км^3 или 8%). В последние 15 лет в изменениях естественного стока рек и особенно Кубани наблюдается фаза повышенной водности, определившая некоторый рост положительного тренда для р.Дон (до 6,1 км^3 или 27%) и смену слабо выраженной отрицательной тенденции в многолетних колебаниях стока реки Кубани на столь же

слабо выраженную положительную (0,7 км^3 или 5%) и увеличение положительного тренда (до 6,8 км^3 или 18%) для их суммарного стока.

С середины 30-х годов XX века сток рек подвергается неблагоприятному для воспроизводства рыбных запасов и окружающей среды территориальному перераспределению, сезонному регулированию и возрастающему воздействию его изъятий. Антропогенное сокращение стока рек увеличивалось от 2,2-2,4 км^3/год в 1936-1950 гг., 4,7-7,4 км^3 в 1951-1970 гг. до 10 км^3 в 1971-1975 гг. и 12-14 км^3 в последующие годы (Бочков, Иванова, 1972, Шикломанов, 1979 и др.). Это привело к преобразованиям пространственно временной структуры его колебаний, сокращению весеннего стока рек Дон и Кубань (соответственно 2,2 км^3 или 24% и 1,0 км^3 или 23%). Для многолетних флуктуаций летнего стока р.Кубань тенденция также, отрицательна, но невелика (0,3 км^3 или 6%), а у аналогичной фазы водности р.Дон ее знак сменился на положительный (0,6 км^3 или 13%). В изменениях осеннего стока р.Дон выраженная тенденция понижения отсутствует, а в колебаниях аналогичной фазы водности р.Кубань установлен положительный тренд (0,8 км^3 или 55%). Зимнему стоку р.Дон характерен положительный тренд (1,9 км^3 или 63%, а р.Кубань отрицательный, (0,6 км^3 или 28%). Для суммарного годового, летнего и особенно весеннего стока рр.Дон и Кубань характерны отрицательные тенденции (соответственно 0,8; 0,7; 3,1 км^3 или 3; 7; 24%), а для осеннего и зимнего, наоборот, положительные (1,2 и 1,3 км^3 или 21 и 25%).

До введения в эксплуатацию Цимлянского водохранилища (1952) в многолетних колебаниях годовой, весенней и зимней водности рек Дон и Кубань наблюдалась определенная синхронность (r=0.41…0.49) в зарегулированных для первых двух фаз она резко уменьшилась (r=0.16; 0.24). В многолетних колебаниях осеннего и зимнего стока появилась асинхронность (r=-0.19…-0.23). С 1987 г. для летнего, весеннего и особенно годового стока рек Дон и Кубань свойственна выраженная асинхронность (соответственно r=-0,49; -0,33 и -0,68), а для зимнего синхронность (r=0,38) в межгодовых колебаниях.

Для последних 25-30 лет и особенно с 1987 г. характерно резкое изменение характера процессов в атмосфере. Их последствия для климатических условий формирования стока рассматриваемых рек неоднозначны. Видимо в этом заключается основная причина преобладания в последние 15 лет асинхронности в многолетних колебаниях стока рек Дон и Кубань.

В многолетних колебаниях годового стока рек удельный вес многоводных группировок снизился вчетверо, а их продолжительность вдвое, в то время как длительность маловодных возросла с двух до пяти лет. Доля средних по водности лет в изменениях весеннего стока уменьшилась в 2,5 раза, многоводные отсутствуют, удельный вес маловодных увеличился втрое. Максимальная продолжительность средневодных группировок уменьшилась с 5 до 2 лет, а маловодных, наоборот, возросла с 2 до 12 лет или вшестеро. Почти в 80% случаев весенний сток был маловодным, причем в шести на уровне близком к 90%

обеспеченности (10,7 км^3) либо минимального для естественных условий (10,2 км^3), а в восьми ниже последнего. Почти четверть лет относится к "катастрофически" маловодным, поскольку весенний сток в эти годы на 3-5 км^3 уступал естественному минимуму. Для летнего, осеннего и зимнего стока изменения под влиянием регулирующей роли Цимлянского водохранилища и в меньшей степени Краснодарского имеют иной характер. Доля маловодных лет во все указанные сезоны резко сократилась. Осенью и зимой они отсутствуют. Повторяемость же многоводных лет в многолетних колебаниях зимнего стока возросла вдвое, а осеннего в 4,5 раза.

В среднем для зарегулированных условий годовой сток р.р.Дон и Кубань составил около 33,5 км^3, что меньше нормы на 7,7 км^3 или на 20%, и соответствует 70-75% обеспеченности естественного стока, а весенний-11,7 км^3, что соответствует 90% Р, уступает норме почти вдвое, и лишь на 1,5 км^3 (13%) превышает естественный минимум.

Следовательно экосистема бассейна Азовского моря в последние 50 лет функционировала в среднемаловодных условиях, а в весеннее время в период наиболее важный для воспроизводства рыб - в исключительно маловодных.Это означает, что гидрологические условия жизни рыб в русловой сети, на поймах в дельтах и в лиманах по объему годового стока в среднем находятся между экологически предельно-допустимым и "критическим" состояниями, а по объему весеннего ближе к "катастрофическому".

Несмотря на климатообусловленное повышение стока рек (главным образом Кубани) и уменьшение его изъятий в последние годы, вероятность формирования в гидрографической сети водного режима, отвечающего экологическим особенностям воспроизводства проходных и полупроходных рыб Азовского моря составляет не более 10% (р.Дон) и 20% (р.Кубань), что в 8 и 4 раза уступает аналогичному показателю естественного периода.

Антропогенные воздействия привели к потере большей части нерестилищ рыб, особенно проходных, разрушению естественной структуры пространственно-временных колебаний речного стока, ритмичность которых обеспечивала устойчивость и высокую биопродуктивность экосистемы Азовского моря и его бассейна.

Следствием антропогенных преобразований речного стока стали изменения основных характеристик гидрологического и гидрохимического режима Азовского моря и в первую очередь его солености.

ГЛАВА 2. ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ АЗОВСКОГО МОРЯ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ И КОЛЕБАНИЙ КЛИМАТА

Изменениям пространственно-временной структуры гидрофизических полей Азовского моря посвящены многочисленные работы. Однако, рассмотрен в них главным образом период до начала 80-х годов прошлого века. При-

чем внимание концентрировалось преимущественно на оценке воздействия антропогенного сокращения речного стока без должного учета изменчивости климата, который в лучшем случае рассматривался как фон. Считалось, что повышение солености Азовского моря к середине 70-х годов в решающей степени связано лишь с прогрессирующим ростом безвозвратных изъятий стока рек его бассейна. На этой основе предполагалось дальнейшее, еще большее осолонение Азовского моря. Между тем для современного периода свойственны значительные изменения характера атмосферных процессов. Именно они несмотря на сохранение существенного антропогенного сокращения стока рек, определили распреснение Азовского моря в последние десять лет до 10-11‰, т.е. значений наблюденных в 20-х – начале 30-х годов XX века (Гаргопа, 1995-2003).

По режиму солёности принято выделять два больших периода: до ввода в строй Цимлянского гидроузла (1952 г.) и после него.

Приток речных вод в Азовское море в первый период составлял в среднем около 41км^3 в год и обусловливал пониженную солёность Азовского моря. В среднем она составляла 10,6‰, при колебаниях от 11,9 (1951 г.) до 9,1 (1932 г.) ‰, а в Таганрогском заливе в пределах 8.1 (1938, 1939 гг.) и 3,7 (1927, 1932 гг.) ‰. В 1952-2002 гг. сток сократился до 33,4 км^3/год, а средняя солёность Азовского моря увеличилась до 11,6‰ изменяясь от 13,8‰ в 1976 г. до 10,4-10,7‰ - в 1993, 1994, 1997, 2001, 2002 гг. и 10-10,1‰ в 1998, 2000 гг. В Таганрогском заливе солёность увеличилась до 7,5‰, максимальная до 11,2‰ (1975 г.), минимальная до 4,8‰ (1957 г.).

В зарегулированных условиях в многолетних колебаниях солёности Азовского моря по направленности ее изменений выделяются: период осолонения (с 1952 по 1976 гг.) и период распреснения (с 1977 г.), а также несколько характерных периодов меньшей продолжительности.

I период - 1952-1955 гг. - при средней величине 33 км^3/год колебания речного стока составили 28-41 км^3/год, солёность моря возросла до 12,2‰ при изменениях от 11,8 до 12,4‰.

II период - 1956-1966 гг. - речной сток увеличился в среднем до 37 км^3/год, его колебания составили 29-53 км^3/год, а солёность уменьшалась от 11,9‰ в начале периода до 10,8‰ в его конце, составив в среднем 11,3‰.

III период - 1967-1976 гг. - характеризуется увеличением солёности с 11,[illegible] до 13,8‰ при средней её величине, равной 12,3‰. Объём речного стока составил 28 км^3/год при колебаниях от 21 до 42 км^3/год.

Исключительно низкий, не имеющий аналога во всём ряду наблюдений, приток речных вод (в среднем 23 км^3) с максимумом не в весеннее, а в летнее время отмечен в 1972-1976 гг. Связано это не только со значительным изъятием (8-10 км^3/год), но и с резким ухудшением климатических условий формирования речного стока. В 1972-1976 гг., в период быстрого и непрерывного осолонения Азовского моря от 11,7‰ в 1969-1971 гг до 13,8‰ в 1976 г. характер пространственного распределения солености по его акватории формировался главным образом под воздействием резко выраженных адвекций черноморских

вод на фоне климатообусловленной и антропогенной маловодности рек. При этом четко указанные адвекции проявлялись на большей части моря, преимущественно вдоль его восточного побережья, достигая западного района Таганрогского залива. В 1976 г. площадь зон с солёностью вод, не превышающей 7‰, сократилась до 1,3 тыс.км^2, не более 11‰ - до 3 тыс.км^2. Одновременно около 20 тыс. км^2 собственно моря занимали водные массы с солёностью 13-14‰, около 12 тыс.км^2 - 14-14,4‰. Около 40% акватории Таганрогского залива были заняты водами с солёностью 11-13‰. Для популяций полупроходных рыб и молоди осетровых удовлетворительные условия по солёности сохранялись лишь в восточной части акватории Таганрогского залива.

IV период - 1977-1982 гг. - отличается резким снижением солёности с 13,8 до 10,9‰, при колебаниях речного стока от 33 до 49 км^3. В этот период сложились иные, более благоприятные для формирования речного стока климатические условия, особенно в равнинной части бассейна Азовского моря. Несмотря на еще более значительные его безвозвратные изъятия (12-14 км^3/год) средний годовой сток рек увеличился до 39 км^3/год, т.е. почти до значений, наблюдавшихся в незарегулированных условиях. Смена резко отрицательной аномальности в увлажненности бассейна Азовского моря в почти такой же степени на положительную привело к увеличению в него пресного стока по сравнению с предшествующим исключительно маловодным восьмилетием в среднем на 15-16 км^3/год. В результате, солёность Азовского моря составив в среднем 12,0‰ понизилась от 13,8‰ до 12,0‰ в 1979 и 1980 гг., 11,3‰ в 1981 г. и 10,9‰ в 1982 г. Впервые после 1966 г. солёность Азовского моря оказалась на оптимальном для большинства рыб уровне.

V период - 1983-1992 гг. В последующие 10 лет солёность Азовского моря в среднем понизилась еще на 0,5‰ и оказалась на экологически предельно допустимом уровне (11,5‰) при колебаниях от 11,2 (1983, 1992) до 12,0 (1985, 1986) ‰. Годовое поступление в Азовское море речных вод составило 30,5 км^3 при колебаниях от 23 км^3 (1984 г.) до 35 км^3 (1988 г.). В эти годы можно выделить период повышения солёности Азовского моря от 11,2‰ в 1983 г. до 12,0‰ в 1985-1986 гг. и период ее понижения в дальнейшем до 11,2‰. Особенностью пространственного распределения солености в собственно море для 1983-1992 гг. является наличие значительной зоны, оконтуренной изогалиной 12‰, ориентированной в северном направлении от Керченского пролива и, расположенной в непосредственной близости к нему небольшой зоны, ограниченной изогалиной 12,5‰. Это, занимающая более трети акватории собственно моря, область распространения сильнотрансформированных черноморских вод. Остальная часть была занята водами с соленостью преимущественно от 11,5 до 12,0‰. На менее существенной его части соленость воды изменялась от 10 до 11,5‰. В Таганрогском же заливе изогалина в 9‰, располагалась в центре западной его части, а выход в море ограничивался изогалиной в 10‰.

VI период - с 1993 по настоящее время. В последние 10 лет соленость Азовского моря изменяется в интервале от 10 (1998, 2000) до 11 (1995, 1996) ‰ при среднем значении - 10,5‰. Приток речных вод составил 36,5 км^3 при колебаниях от 32 (1998) до 43 (1994) км^3.

Особенностью являются незначительные различия в распределении солености по акватории собственно моря. При этом как и в 1983-1992 гг. примерно более трети её в направлении от пролива к северному берегу с расширением к западу и востоку занимает подобная зона, но ограниченная уже изогалиной в 11‰. На остальной части, примыкающей к Таганрогскому заливу, восточному и северному берегам, Арабатской стрелке и западной половине северного берега Керченского полуострова соленость воды находилась в интервале 10-11‰. Горло же Таганрогского залива ограничивалось изогалиной 9,5-10,0‰.

Из последних лет несколько выделяются 1998 и 2000 гг., для которых характерно наибольшее распреснение Азовского моря.

В 1998 г. на большей части собственно моря соленость воды находилась в пределах 10-10,5‰. Наиболее распресненные воды (9,5-10,0‰) располагались вдоль северного берега, Арабатской стрелки и от устья Протоки до косы Долгой. Зона с соленостью 10,5-11,0‰ сформировалась от Керченского пролива к северу, с расширением на восток и запад. В 2000 г. соленость Азовского моря лишь на 0,2‰ была выше, чем в 1998 г. Весной (апрель-май) воды с соленостью не более 9‰ располагались от Таганрогского залива вдоль северного берега собственно моря за Бердянскую косу, а с соленостью до 10‰ далее за Обиточную. В 2002 г. слабая тенденция к повышению солености Азовского моря, начавшаяся в 2001 г., продолжалась. При среднегодовом ее значении в 10,6‰, пространственное распределение было близким к наблюденному в 1999-2001 гг. Можно отметить наличие у восточных берегов моря опресненной зоны, связанной видимо, с катастрофическими летними паводками на реках бассейна Кубани.

Для периода с 1952 до 1976 гг. включительно установлены, вызванные исключительным маловодьем 1969-1976 гг., положительные тренды в изменениях солености Азовского моря, собственно моря и Таганрогского залива (1.1; 0.8; 3.2‰). Повышение стока в 1977-1981 гг. способствовало их значительному уменьшению (0.5; 0.5; 1.0‰). Последующее распреснение Азовского моря вызвало смену положительного направления трендов в многолетних колебаниях его солености на отрицательное (-1.1‰). Сезонное распределение солености стало более сглаженным. Вызвано это главным образом тем, что внутригодовое распределение речного стока, поступающего в устьевые области, стало втрое равномернее.

Для фазы современного распреснения Азовского моря прослеживается снижение вклада в межгодовые колебания солености Азовского моря и особен-

но Таганрогского залива речного стока (соответственно от r=-0.97 и –0.89 до r=-0.87…-0.90 и r=-0.42…-0.51) и усиление влияния атмосферной циркуляции. Коэффициенты детерминации, определяющие объясняемую регрессией долю дисперсии для первого фактора уменьшились (соответственно от 0.94 до 0.75-0.80 и от 0.70-0.80 до 0.20-0.30 или в 3-4 раза), а для второго возросли (от 0.24-0.41 до 0.44-0.78 или почти вдвое). В собственно море наиболее существенно (до 0.3-0.7 или в 1.3-2.6 раза) коэффициенты детерминации снизились в восточной части, прилегающей к кубанскому побережью от устья Протоки до кос Еленина и Долгая, а также в северной части до косы Федотова и в предпроливном районе, с максимумом уменьшения вблизи гирла Таганрогского залива. В самом заливе этот показатель составляет преимущественно 0.1-0.2, а в некоторых частях западного района еще меньше.

Современное распреснение Азовского моря (а также Каспийского и Черного) объясняется главным образом тем, что в последние 15 лет характер атмосферной циркуляции был более благоприятным для гидрологических условий формирования биоресурсов Азовского моря (рост повторяемости в холодное время года макропроцессов W и C, снижение частоты появления типа E и развитие всех форм в целом за год на уровне близком к норме). Мнение о климатообусловленных причинах подъема уровня Каспия и понижения солености Азовского моря содержатся в работах (Антонов, 1990, 1998; Кондратович, 1994; Сидоренков, Швейкина, 1996).

Вклад в современное распреснение Азовского моря внесли и факторы антропогенного происхождения. В частности, существенное сокращение изъятий стока рек в дельтовых областях, особенно в бассейне реки Кубань значительное повышение с 1987 г. стока которой способствовало необычному расширению опресненных зон в восточной части Азовского моря. Особое значение имеет и вызванное как природными, так и антропогенными факторами повышение в общем стоке рек их водности в холодное время года особенно последних 12-13 лет.

Современный период отличается не только отсутствием, характерного для предшествующих лет статистически четко выраженного влияния речных вод на пространственное распределение солености в Азовском море, но и снижением её многолетней изменчивости, которое наиболее выражено для восточного района Таганрогского залива, предпроливного и большей части прикубанского районов собственно моря. Причиной является уменьшение вариабельности притока речных вод (особенно стока р.Дон) и годовой повторяемости всех трех типов макропроцессов (особенно E и W), резко выраженная ветровая депрессия в сочетании с ослаблением изменчивости.

Для вертикальной устойчивости вод Азовского моря характерен положительный тренд, наиболее выраженный для летнего периода (1,6 тыс.усл.ед. или 46%). При этом ее солевая составляющая выросла в 1,8 раз (с 1,5 до 2,6 тыс.усл.ед.), а температурная только в 1,2 раза (с 2,1 до 2,6 тыс.усл.ед.).

Следствием климатообусловленных изменений и антропогенных преобразований стока рек бассейна Азовского моря явились не только изменения его солености и термохалинной структуры вод, но и других океанографических характеристик, в первую очередь режимов растворенного кислорода и биогенных веществ.

ГЛАВА 3. Изменения гидрохимического режима Азовского моря и его биопродуктивности под влиянием гидрометеорологических и антропогенных факторов

До середины 50-х годов XX века в условиях преобладания повышенной ветровой активности и преимущественно пониженных температур анаэробные ситуации в Азовском море наблюдались редко и локально. В дальнейшем, особенно в 60-х годах, в обратных гидрометеорологических условиях и повышения первичного продуцирования органического вещества летний дефицит кислорода наблюдался ежегодно на больших пространствах (до 22-25 тыс. км^2) Азовского моря. В последующие годы до середины 80-х наблюдалась тенденция некоторого улучшения кислородного режима, связанная с увеличением ветровой активности и понижением первичного продуцирования в условиях преобладания маловодья и осолонения Азовского моря (Гидрометеорология и гидрохимия…, 1991). В дальнейшем, кислородный режим Азовского моря резко ухудшился. Уже в 1987 г. гипоксия наблюдалась на площади более 27 тыс.км^2. В отдельные годы (1988, 1989, 1993) зоны с дефицитом кислорода занимали 70-90% площади моря (Александрова и др., 1988; 2000; Семенов, Александрова, 2000).

Расширению зон с дефицитом кислорода в придонных слоях Азовского и способствовали: резко выраженная ветровая депрессия, потепление вод и смена характера климатообразующих процессов, вызвавшая в частности повышение водности рек, распреснение моря, снижение интенсивности водообмена через Керченский пролив и степени турбулентного перемешивания вод Азовского моря. Ухудшение кислородного режима и также по схожим причинам природного характера отмечается (Катунин и др., 1999-2002) и в Северном Каспии.

Оценка линейных трендов в многолетних колебаниях биогенных веществ в Азовском море показывает, что для азота до середины 80-х годов тренд положителен (490 мг/м^3 или 61%), а для фосфора и растворенной кремнекислоты, наоборот, отрицателен (9 мг/м^3 или 15% и 305 мг/м^3 или 40%). Для отношения $N^{общ.}$:$P^{общ.}$ характерно увеличение вдвое.

Анализ данных (Александрова, 2001; Александрова, Баскакова, 2002 и др.) позволяет сделать предположения о направленности изменений биогенных веществ для зарегулированного периода в целом.

Некоторое уменьшение концентраций валового азота в большую часть последних 15 лет, видимо, снизило степень положительного и существенного до начала 80-х годов тренда в многолетних колебаниях его содержания в водах Азовского моря. Подобное характерно и для многолетних изменений минерального азота. Повышение концентраций кремнекислоты, вероятно, уменьшило степень отрицательного тренда до менее выраженной тенденции. В отличие от азота и кремнекислоты в многолетних колебаниях валового фосфора дальнейшее в большую часть современного периода снижение его концентраций вызвало увеличение отрицательного тренда. Для многолетних изменений минерального фосфора, также свойственно не только сохранение отрицательной направленности тренда, но и рост его по абсолютной величине, особенно в Таганрогском заливе. В многолетних колебаниях отношений азота к фосфору сохраняется положительный тренд роста, наиболее выраженный для собственно моря и в меньшей степени для Таганрогского залива.

Первичной продукции органического вещества с конца 50-х годов XX века до середины 80-х годов свойственно понижение (на 8.6 млн.т или 25%), а в дальнейшем по данным (Александрова и др., 1998, 2000, 2002) резкое повышение в среднем до 46 млн.т сухого вещества.

Современный рост первичного продуцирования в значительной мере обусловлен увеличением стока рек (особенно Кубани), резко выраженной с 1988 г. ветровой депрессией, повышением температурного фона, сменой характера атмосферных процессов.

Для биомассы фитопланктона характерны отрицательные тренды, показывающие уменьшение ее среднегодовых величин к середине 80-х годов в 2-3 раза. Последующие годы отличаются преимущественно пониженными биомассами фитопланктона (Студеникина и др., 1999). Однако в последние годы наблюдается усиление фотосинтетических процессов в Азовском море, вызванное его распреснением, потеплением вод и резко выраженной ветровой депрессией в условиях изменений характера климатообразующих процессов.

В многолетних (1958-2000) колебаниях биомассы зоопланктона установлены отрицательные тренды, показывающие её уменьшение в 3-4 раза особенно в летнее и осеннее время. Связанно это, главным образом, с выеданием (с 1988 г.) практически всех групп и видов планктонных животных новым вселенцем гребневиком Mnemiopsis leidyi (Мирзоян, 2000 и др.).

Испытание на тренд многолетних колебаний общей биомассы зообентоса в Таганрогском заливе показало, что ей характерно увеличение в 1,5 раза. Тренд в многолетних изменениях общей биомассы зообентоса в собственно море практически отсутствует. В последующие годы (1987-2000) резких аномалий в изменениях общей биомассы зообентоса не прослеживается.

ГЛАВА 4. ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СТОКУ РЕК БАССЕЙНА АЗОВСКОГО МОРЯ В СВЯЗИ С ВОСПРОИЗВОДСТВОМ РЫБНЫХ ЗАПАСОВ

Антропогенные воздействия привели к тому, что гидрологические основы устойчивости водоемов и водотоков бассейна Азовского моря в значительной мере разрушены. Водный режим рек не соответствует природно-климатическим условиям формирования их стока и экологическим особенностям воспроизводства рыбных запасов. Значения гидрологических характеристик в пространственно-временном отношении в основном находятся за пределами величин, характерных для естественного периода.

Эти обстоятельства вызвали необходимость гидроэкологического обоснования требований воспроизводства рыбных запасов к пространственно-временной структуре колебаний стока рек бассейнов южных морей России. В течение 1987-1997 гг. Азовский НИИ рыбного хозяйства в качестве головной организации по этой проблеме вместе с другими институтами отрасли (КаспНИРХ, КрасНИИРХ, УкрНИИРХ), а в 1990-1993 гг. и с Межведомственной ихтиологической комиссией выполнял соответствующие исследования, связанные с оценкой экологически допустимых (ЭДИВ), экологически предельно допустимых (ПЭДИВ), "критических" (ЭКРИВ) и "катастрофических" (ЭКАТИВ) объемов изъятий воды и определением соответствующих объемов речного стока (ЭДС, ПЭДС, ЭКРС, ЭКАТС) Северного Каспия, северо-восточной и северо-западной частей Черного моря и бассейна Азовского.

Руководителем и ответственным исполнителем указанных исследований был автор настоящей работы (в 1993 г. совместно с В.Г.Дубининой). Для решения задачи по каждому бассейну нами совместно с Д.Н.Катуниным, С.А.Филем, М.С.Чебановым, С.П.Петросьяном, В.Г.Дубининой подготовлена общая для них система показателей воздействия изъятий воды на среду обитания и живые ресурсы, критерии и методы их оценки, а также классификация изменений состояния экосистем рыбохозяйственных водоемов (водотоков), соответствующая приведенным выше объемам изъятий и величинам стока (условно стабильное состояние, переходное от условно стабильного к "критическому" или "кризисному", "критическое" или "кризисное", "катастрофическое") (Гаргопа, Катунин, Чебанов, 1996; Гаргопа, Степаненко, Евстюгов, Дубинина, Катунин, Чебанов, Филь, Петросьян, 1996; Дубинина, Гаргопа, Чебанов, Катунин. Филь, 1996; Гаргопа, Катунин, Дубинина, Чебанов, 1997; Гаргопа, Катунин, Чебанов, 1997). При этом использовались материалы исследований подобного направления, опубликованные как в отечественной так и зарубежной печати.

Основным критерием и главным интегральным показателем воздействия изъятий речного стока на пространственно-временную структуру колебаний его характеристик и режима замыкающих речные системы водоемов различного типа (озера и водохранилища, лиманы и эстуарии, внутренние и окраинные моря) приняты биоресурсы в целом и особенно рыбные запасы. Их состояние служит индикатором экологического благополучия не только водных, но и околоводных экосистем. Сохранение их, либо восстановление на уровне, приближающемся к естественному, либо потенциально возможному или общественно необходимому в конечном счете ведет к сохранению, либо восстановле-

нию водоемов и водотоков как природных объектов, а также окружающей среды, социально экономического положения и здоровья населения.

Помимо этого установлен и использовался ряд морфометрических, гидрофизических, физико-химических и других океанографических и биологических критериев и показателей воздействия антропогенного сокращения стока рек.

Численные эксперименты с соответствующими уравнениями, аппроксимирующими зависимость этих показателей от речного стока, которые приведены в первой части работы, позволили получить годовые и сезонные объемы стока рек бассейнов южных морей России необходимые для формирования различных величин их уровня, солености и продуктивности (Гаргопа, 1996, 2000, 2003; Гаргопа и др., 1996, 1997).

Для Азовского моря, как водоёма замыкающего экосистему его бассейна ЭДС для среднемноголетнего суммарного стока основных рек 50% обеспеченности должен быть не ниже 37-39 км^3/год (в т.ч. 18.5-19.5 км^3 весной), ПЭДС не менее 35-36 км^3/год (в т.ч. 18,0-18,5 км^3 весной), а ЭДИВ и ПЭДИВ соответственно 2,0- 2,5 км^3/год (5-6%) и 5-6 км^3/год (14-15%). Обьём стока рек на уровне 29-30 км^3/год (в т.ч. 14-15 км^3 весной) может быть отнесён к "критическому" (ЭКРС), а на уровне 24-26 км^3/год (в т.ч. 12-13 км^3 весной) к "катастрофическому"(ЭКАТС). Обьёмы ЭКРИВ и ЭКАТИВ оценены соответственно на уровнях 9-12,5 км^3/год (24-30%) и 13,0-17,5 км^3/год (33-42%).

Для р.Дон ЭДС и ПЭДС составляют соответственно не ниже 26,5 и 24,5 км^3/год (в т.ч. весной 15,6 и 14,6 км^3), а ЭДИВ и ПЭДИВ не более 1,4 (5%) и 3,4 (12,2%) км^3/год. Причем весной изъятия не должны превышать 3,2 (17%) и 4,2 (22%) км^3. Для р.Кубани ЭДС и ПЭДС должны быть не менее 12,5 и 11,0 км^3/год, а годовые объемы ЭДИВ и ПЭДИВ соответственно не более 1,0 (7,4%) и 2,5 (18,5%) км^3. При этом в первом случае изъятия стока реки весной не должны превышать 0,2 (4,9%), летом 0,4 (9,6%),осенью 0,2 (14,3%), зимой 0,2 (14,3%) км^3, а во втором соответственно 0,4 (10%); 0,7 (13,5%); 0,7 (33,3%); 0,7 (33,3%) км^3.

Колебания суммарного стока рек в Азовском море экологически допустимы в пределах от 52 до 29 км^3/год (25-75% Р), а наиболее благоприятны в диапазоне от 43 до 35 км^3/год. Важным для формирования запасов рыб является не только объем годового стока рек и его внутригодовое распределение, но и межгодовое, чередование, повторяемость, соотношения маловодных, средневодных и многоводных лет, продолжительность их группировок и особенно длительность маловодных в многолетних колебаниях речного стока для характерных фаз водного режима. Для формирования высокоурожайных и среднеурожайных поколений осетровых и полупроходных рыб наиболее благоприятное соотношение маловодных, средневодных и многоводных лет в течение 20 лет в годовом разрезе равно соответственно 4:11:5; весеннем 5:10:5; летнем 4:10:6.

ЧАСТЬ III. Периодичность и сопряженность изменений элементов

ЭКОСИСТЕМ АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОГО И КАСПИЙСКОГО БАССЕЙНОВ И КЛИМАТООБРАЗУЮЩИХ ПРОЦЕССОВ

Необходимость выявления периодичности в многолетних колебаниях характеристик системы атмосфера-гидросфера-биосфера вообще и применительно к бассейнам южных морей в частности, показана ранее. При решении этой задачи использовался тот же перечень материалов и те же методические подходы, что и в двух предшествующих частях.

ГЛАВА 1. ПЕРИОДИЧНОСТЬ МНОГОЛЕТНИХ КОЛЕБАНИЙ СТОКА РЕК И МЕТЕОЭЛЕМЕНТОВ

При анализе нормированных разностных интегральных кривых модульных коэффициентов годового естественного стока рек выявлены периоды повышенной и пониженной водности длительностью в основном от 2 до 7, а также до 11-12, 15-18 и более лет. Для суммарного стока и водности р.Дон прослеживаются циклы длительностью 5-7, 11 и 14 лет, р.Кубань 8-9 и 13 лет, а также цикл близкий к вековому (80-90 лет) циклу многолетней изменчивости солнечной активности.

Анализ корреляционной и спектральной функций показал наличие у стока р.Дон и суммарной водности циклов длительностью 2-3, 4-5, 7, 11-12 и 15-16 лет, у стока р.Кубань циклов длительностью 2-3, 4-5 и 7-8 лет.

В многолетних вариациях годового стока и весеннего р.Дон выделяются два крупных периода: 1912-1947 гг. - повышенной и 1948-2002 гг. - пониженной водности. Осенний и летний сток, наоборот, до начала 50-х годов был пониженным, а в дальнейшем повышенным. Колебания зимнего стока несколько сложнее. Также как и осенний до 1952 г. включительно и особенно в 1927-1952 гг. он был ниже среднемноголетней величины. Последующий 24 летний период (1953-1976) включает фазы повышенного (1953-1960) и пониженного (1961-1976) стока, внутри которых встречаются годы со стоком близким к "норме". Последнему двадцатипятилетию характерен резко повышенный сток р.Дон в зимнее время. В многолетних колебаниях наблюденного годового стока р.Кубань выражены два периода: многоводный со второй половины 30-х годов до конца 40-х и маловодный с 1969 по 1986 гг. Периодичность в многолетних колебаниях суммарного годового, весеннего и летнего стока в целом близка к периодичности, характерной для водности р.Дон за аналогичное время. В многолетних же вариациях осеннего стока выделяется период с его преимущественно пониженными относительно "нормы" значениями до 1952 г. и период с повышенными величинами с 1978 г. по настоящее время. Для зимнего же стока характерны два четко выраженных периода продолжительностью 40-50 лет с пониженной до 1953 г. и повышенной водностью в дальнейшем.

Анализ наблюдений за температурой воздуха ГМС Краснодар (1881-2000), которые согласуются (r=0,75-0,87) с наблюдениями за температурой во-

ды береговых ГМС показывает, что для термического режима Азовского моря, со второй половины 50-х годов характерен повышенный температурный фон, наиболее выраженный в многолетних колебаниях температуры весной (с 1966 г.), осенью с 1960 до 1983 гг., а в дальнейшем неоднозначная аномальность) и зимой (с 1955 г.). Для летнего периода, наоборот, с начала 60-х годов и до середины 80-х характерен термический фон в большинстве случаев пониженный, а в дальнейшем главным образом с начала 90-х годов преимущественно повышенный по сравнению с нормой.

Для среднегодовой температуры воздуха характерен положительный тренд равный $0,9^0$C при среднеквадратическом отклонении (σ) равном 0.85^0C. Положительные тренды выявлены и в многолетних колебаниях среднемесячных температур воздуха за холодный ($1,5$-$1,6^0$C при $\sigma=1.7^0$C) и особенно теплый ($1,8^0$C при $\sigma=0.85^0$C) периоды года. Положительные тренды также характерны для зим ($2,4^0$C при $\sigma=2.2^0$C), менее значительны у весен ($0,9^0$C при $\sigma=1.2^0$C), а у осени, наоборот, прослеживается слабо выраженная отрицательная тенденция ($0,4^0$C), почти в 3.6 раза, уступающая стандартному отклонению (1.4^0C). У лета выраженные тенденции не прослеживаются.

В многолетних колебаниях среднегодовых и среднесезонных температур воздуха доля периодов продолжительностью 2-4 года преобладает, м особенно в изменениях осенней (69%) и годовой (61%). Единичны случаи периодов с большей длительностью. Продолжительность их в 6, 7, 8 и 9 лет установлена лишь соответственно у годовых и зимних температур (10%), зимних (6%), годовой (7%) и летней (8%).

Анализ корреляционной и спектральной функций среднегодовой температуры воздуха и воды, наблюденных ГМС Краснодар и береговыми станциями показал наличие циклов длительностью от 2-5 до 7-8, 11-14 и более лет.

В многолетних колебаниях осенней температуры воздуха (как и в многолетних изменениях температуры воды) выделяется трехлетний цикл и уступающий ему по амплитуде восьмилетний. Для весенней температуры воздуха (как и воды) характерен цикл продолжительности около 2-х лет и выраженный слабее пятилетний. У зимней же температуры воздуха (в отличие от изменчивости температуры воды) прослеживается не только двухлетний, но и неясно выраженный четырехлетний циклы. Причем, по амплитуде в ходе спектральной плотности температуры воды максимум приходится на 5 лет, а воздуха - примерно на 2 года. У летней температуры воздуха более четко выделяются циклы продолжительностью около 3-х и 5-ти лет, а также (как и у воды) - 2 года. При спектральном анализе всего ряда наблюдений за температурой воздуха ГМС Краснодар установлено наличие циклов продолжительностью от 6-7, 7-8, 9-10 до 11-14, 17-23 и 23-25 лет.

Анализ корреляционных и спектральных функций, выполненный для 1949-1985 гг., показал отсутствие в изменениях скоростей ветра четко выраженной цикличности. Можно отметить лишь слабое проявление циклов дли-

тельностью 2-3,3-4, 6-8 и 12 лет.

Для осредненных (с 1909-1922 по 2000 гг.) по Азовскому морю скоростей ветра выявлено ее значительное понижение (1,3-1,7 м/с).

Второй половине XX века (1949-2000) для среднегодовых и среднесезонных скоростей ветра, наблюденных российскими ГМС также свойственны отрицательные тренды (1,3-3,6 м/с), наиболее значительные в районе Ясенского залива. В многолетних колебаниях ветровой активности в зонах примыкающих к Бердянской косе и особенно к северному берегу Керченского полуострова тренды менее значительны (соответственно 0,5-1,5 м/с с максимумом для зимы и минимумом для лета и 0,3-0,7 м/с с осенним минимумом и зимним максимумом). В районе же Белосарайской косы направленность в многолетних колебаниях ветровой активности, в отличие от остального побережья положительна (0,5-0,9 м/с). При этом наибольший рост скорости ветра свойственен весеннему и осеннему временам года, а наименьший летнему и зимнему.

Приведенные ваше оценки линейных трендов значительно (в среднем в 1.8-2.7 раз) превышают стандартные отклонения, равные для среднегодовых скоростей ветра 0.5 (0.4-1.0), весенних – 0.6 (0.6-1.3), летних – 0.5 (0.5-1.1), осенних – 0.5 (0.6-1.0), зимних – 0.8 (0.8-1.6) м/с. Для восточного района величины отрицательных трендов превышают стандартные отклонения в 2.7-3.0 раз. В юго-западной же части они близки к стандартным отклонениям, несколько превышая их лишь в среднегодовом отношении (в 1.3 раза) и уступая почти вдвое в зимнее время. Положительные тренды в районе Белосарайской косы также соизмеримы со стандартными отклонениями и только в зимний период уступают им втрое.

ГЛАВА 2. Цикличность океанографических и биологических процессов

Периодичность подобная установленной для температуры воздуха характерна и температуре поверхностных вод Азовского моря.

В многолетних колебаниях температуры воды средней для собственно моря за год, весну и особенно зиму преобладают периоды продолжительностью 2-3 года, а для осени и в меньшей степени лета периоды длительностью 2-4 года. Для зимы и лета характерны также и единичные периоды продолжительностью в 5-6 лет. Для отдельных районов и сезонов в изменениях температуры воды прослеживаются периоды продолжительностью от 5-7 до 11 и 15 лет.

При этом как и у ветра направленность и степень изменений температуры воды в различных частях Азовского моря отличаются.

Для Азовского моря в целом в многолетних (со второй половины 20-х годов до конца XX века) колебаниях температуры прибрежных, поверхностных вод положительный тренд установлен лишь для весенних ее характеристик (0,8-0,9^{0}С). В изменениях среднегодовых и зимних температур воды прослеживаются только слабо выраженные положительные тенденции (0,1-0,2^{0}С), а в ко-

лебаниях летних и особенно осенних, наоборот, отрицательные (0,1; 0,3-0,4^{0}С). Для термического режима второй половины XX века положительные тенденции наиболее значительны для многолетних (1949-2000) колебаний весенних и летних температур воды (0,5-0,6^{0}С), слабее для изменений осенних и среднегодовых (0,3^{0}С). В многолетних колебаниях зимних температур прослеживается слабо выраженная отрицательная тенденция (0,2^{0}С).

Приведенные выше оценки линейных трендов существенно уступают стандартным отклонениям равным для среднегодовых температур воды – 0.6 (0.5-0.8), весенних – 1.3 (1.2-1.6), летних – 0.7 (0.7-09.8), осенних – 1.0 (1.0-1.4) и зимних – 0.8 (0.5-1.2) ^{0}С. Изменения среднегодовых температур воды к стандартным отклонениям близки лишь в вершине Таганрогского залива и юго-западной части собственно моря, весенней – у Бердянской косы и юго-западной части моря, летней – в восточной половине Таганрогского залива, а в юго-западной и особенно юго-восточной частях собственно моря их превышают, причем в последнем районе почти вдвое (в 1.8 раз). Положительные тенденции в колебаниях осенних температур воды соизмеримы со стандартными отклонениями в вершине Темрюкского залива, а отрицательные (для 1949-2000 гг.) в изменениях зимних у Ахтарского лимана.

Многолетние колебания уровня Азовского моря в основном определяются изменчивостью элементов его водного баланса и прежде всего стока рек Азово-Черноморского бассейна обусловленной климатическими факторами планетарного масштаба. В целом, по данным (Гидрометеорология гидрохимия…, 1991; Дьяков, 1998, 2002; Михайлов и др., 2001; Горячкин и др., 1998, 2002; Emil V. Stanev, Elissaveta L. Peneva, 2002) уровень Азовского моря как и Черного с конца XIX века до середины 30-х годов XX имел тенденцию к понижению (около 10,5 см), а в дальнейшем повышался, причем особенно в последние 40 лет (около 11-12 см). В последние годы отмечается стабилизация уровня Азовского моря на высоких отметках, отражающая суммарное влияние эвстатического и тектонического факторов. Климатообусловленное падение уровня Каспия с 1900 по 1977 гг. до -29.0 абс.м, составило 3 м (Каспийское море…, 1986). С 1978 по 1995 гг.по данным наблюдений ГМС Баку он повысился на 2.5 м (до -26.54 м абс.), а в последующие 6 лет понизился на 0.4-0.5 м, оставаясь как и в Азово-Черноморском бассейне на высоких отметках (-26.69…-27.03 м абс.) (Гидрометеорология и гидрохимия…, 1992; Катунин и др., 1999-2002). В многолетних колебаниях уровня Азовского моря на фоне крупных периодов длительностью 25-30 лет выделяются более короткие периоды продолжительностью 2-3, 4-5, 8-10 лет. В среднем промежуток между максимумом и последующим минимумом равен 6 годам, а между наиболее высоким и низким стояниями уровня - 18,5 годам. В многолетних изменениях уровня Черного моря наряду с периодичностями в 2-3 и 4-5 лет отмечаются циклы продолжительностью в 9-17 и 25-30 лет (Гидрометеорология и гидрохимия..., 1991). По данным (Лаппо, Рева, 1997), анализа долгопериодной изменчивости уровней Каспийского и Черного морей периоды продолжительностью менее 19 лет в значи-

тельной степени согласованы и связаны с климатическими условиями на континенте. Колебания же уровня большего периода в значительной мере индивидуальны, что вызвано влиянием водообмена Черного моря через систему средиземных морей с Атлантическим океаном.

В качестве критерия статистической оценки периодичности в многолетних колебаниях солености Азовского моря нами использованы ее средние величины в естественных (1922-1951 гг.) и зарегулированных (1952-2001 гг.) условиях, равные соответственно 10,4 и 11,6‰. В первом случае длина периодов с отрицательной аномальностью составляет от 5-7 до 8-10 лет, а с положительной 5-7 и 4-5 лет. Во втором же продолжительность периодов с соленостью пониженной по сравнению с нормой, составляет 3, 6 и 14-15 лет, а с повышенной 3-4, 12.

Оценка линейных трендов в многолетних колебаниях солености Азовского моря свидетельствует о положительной его направленности для периода с начала 20-х до начала 50-х (0,7‰), конца 60-х (1,6‰), середины 70-80-х годов (2,4-2,5‰) и конца всего имеющегося ряда наблюдений (1,3-1,4‰). Для солености Таганрогского залива они также положительны и составляют соответственно: 0,9; 1,6; 3,4; 2,9 и 2,0‰. Связанно это, главным образом, с положительным трендом в многолетних колебаниях частот появления макропроцессов Е. Уменьшение величины положительного тренда для 1922-2000 гг. почти вдвое по сравнению с максимальными значениями для ряда с 1922 г. до середины 70-80-х годов объясняется вызванным развитием макропроцессов W и С. По этой причине положительный до середины 80-х начала 90-х годов, для зарегулированного периода, тренд по абсолютной величине остался почти на том же уровне (1,1‰), но сменил знак на противоположный. Наиболее значителен отрицательный тренд (2,1‰) для периода распреснения Азовского моря, начавшегося в 1977 г. В тоже время для солености Таганрогского залива он сравнительно невелик (1,0‰), что связано с несколько пониженной водностью р.Дон.

В многолетних (1961-2001) колебаниях устойчивости вод Азовского моря преобладает 2-4-х летняя периодичность, в сравнительно редких случаях она может достигать 5-9 лет. Периодичность наиболее выражена в изменениях весенней устойчивости, а слабее в колебаниях осенней. В колебаниях температурной устойчивости периодичность слабее всего выражена для лета, а соленостной для осени.

Анализ частотной изменчивости биологических характеристик популяций полупроходных и некоторых проходных морских рыб (чехонь, судак, лещ, тарань, сельдь. хамса и др.) позволил выделить циклы в 2-3, 3-4, 7-8, 15-16 и более лет. Их реальность подтверждается схожей цикличностью речного стока, метеоэлементов и климатообразующих процессов.

При анализе многолетних колебаний запасов, уловов и возврата в промысле отдельных поколений проходных и полупроходных рыб выявлено, что промежутки между максимумами их величин т.е. периоды цикличности для осетровых составляют 13-17 лет, для тарани от 6-9 до 16 лет, судака и леща от 8-9

до 10-11 лет, рыбца и шемаи около 12 лет.

ГЛАВА 3. Периодичность в многолетних колебаниях атмосферной циркуляции и ее сопряженность с изменчивостью океанографических и биологических процессов

Достоверность установленных в первой части причинно-следственных зависимостей и структурных связей в системе атмосфера-гидросфера-биосфера подтверждается схожим характером периодичности в многолетних колебаниях форм атмосферной циркуляции.

Изменчивости макропроцессов свойственны циклы порядка 2-3, 3-4, 4-5, 7-8, 10-11, 16-20, 22-26, 44-45 и 90-100 лет (Гаргопа, 1979; Антонов, 1982; Гидрометеорология и гидрохимия…, 1992) т.е. в целом подобные ритмам, установленным для речного стока и других составляющих водного баланса, метеоэлементов биоресурсов Азовского моря. В многолетних (1891-2001 гг.) колебаниях их годовой повторяемости преобладают периоды с положительной и отрицательной аномальностью от 2 до 9 лет и максимальной продолжительностю непрерывных периодов с положительной аномальностью у формы W-17 (1903-1919), у Е-25 (1966-1990), у С-11 (1892-1902) лет, а с отрицательной соответственно 25 (1963-1987); 12 (1938-1949) и 9 (1974-1982) лет. В изменениях сезонной повторяемости форм W, Е и С выделяются периоды длительностью от 2 до 5 лет, с максимальной продолжительностью 14-19 лет (весна, лето и особенно холодный и зимний периоды) у первого типа макропроцессов до 9-10 (осень, зима, холодный период), 12-17 (весна, холодный период), 24-28 (лето, весна) лет у второго и 8-9 (лето, зима), 12-13 (весна, осень, холодный период) лет у третьего.

Для W характерен отрицательный линейный тренд (80 дней или 50%), а для Е, наоборот, положительный (86 дней или 79%), С имеет слабую тенденцию к уменьшению повторяемости (12 дней или 12%).

Устойчивый переход в отрицательную по сравнению с нормой зону годовых, а также весенних, осенних, зимних частот появления процессов W произошел в начале 50-х годов и продолжался до второй половины 80-х годов (особенно с 1967 по 1978 гг.). В последние 12-13 лет её годовая повторяемость несущественно (на 2%) уступает норме. Примерно в то же время, что и для W, но, наоборот, в положительную зону осуществлялся переход аналогичных показателей формы Е, особенно устойчивый с середины 60-х до начала 90-х годов. В последние 12-13 лет повторяемость этого типа макропроцессов слабо (на 0,3%) превышает норму для года, а также весной и осенью (на 4 и 2%) и более значительно в летний период (на 32%). Для зимнего периода характерна выраженная отрицательная аномальность (ниже на 38%).Анализ повторяемости различных форм в холодное время года в период с 1987 по 2001 гг. показывает, что в шести случаях доминировала форма W, в 6-ти W+C, которые улучшают условия формирования речного стока и способствуют понижению солености

Азовского моря. Особенностью является существенное понижение вариабельности годовой повторяемости макропроцессов (особенно W и E).

На фоне трендов и тенденций между многолетними колебаниями атмосферной циркуляции, гидрометеорологических и океанографических характеристик режима Азовского моря и его биоресурсов наблюдается сопряженность непрерывных периодов с положительной либо отрицательной аномальностью, обусловленная причинно-следственными зависимостями, структурными связями и схожей цикличностью параметров системы атмосфера-гидросфера-биосфера.

Большая часть естественного периода по характеру атмосферных процессов Азовского моря была для биоресурсов благоприятной, а для зарегулированного неблагоприятной.

Для зарегулированного периода трудно статистически оценить степень непосредственной сопряженности между многолетними колебаниями характера атмосферных процессов и динамикой численности популяций основных промысловых рыб Азовского моря в силу исключительной, связанной с указанными выше и иными факторами (различие в методах учета, искусственное воспроизводство, браконьерство и др.), качественной её неоднородности.

Поэтому, объективно вынужденной для решения подобной задачи представляется оценка сопряженности изменений характера процессов в атмосфере с колебаниями гидрометеорологических и океанографических условий формирования биопродуктивности Азовского моря и в первую очередь ключевых для экосистемы его бассейна факторов - речного стока и солености.

Наиболее высокий уровень синхронности (r=0.76) и асинхронности (r=-0.77) выявлен в многолетних изменениях стока р.Кубань и форм W+C и E в холодное время года соответственно. Высока эта степень и для суммарного стока рек (r=0.49 и r=-0.51). Менее существенна синхронность и асинхронность с указанными типами макропроцессов стока р.Дон (r=0.34 и r=-0.36). Что же касается согласованности в многолетних колебаниях речного стока и форм W и C, то наиболее выражена она для р.Кубань (r=0.63 и r=0.50), менее для суммарного стока (r=0.33 и r=0.46) и минимальна (r=0.20 и r=0.36) для водности р.Дон. Длительность непрерывных синхронных и асинхронных периодов формируемых в многолетних колебаниях стока рек формами атмосферной циркуляции составляет от двух до 12 лет (Гаргопа, 1998-2002).

Для многолетних изменений повторяемости форм C, W, W+C и солености Азовского моря характерна асинхронность (57, 64 и 75%) с продолжительностью ее периодов от 2-7 до 12-14 лет. В многолетних изменениях повторяемости типа E и солености Азовского моря наблюдается выраженная (79%) синхронность и наличие согласованных периодов длительностью от 3-5 до 12-14 лет (Гаргопа, 1998-2002).

В целом макропроцессы типов W и E, а также W+C, имеющие в структуре изменчивости долгопериодные составляющие , генерируют в многолетних колебаниях притока речных вод в Азовское море и его солености наиболее

продолжительные и непрерывные (до 13-14 лет) периоды с отрицательными и положительными аномалиями, а меридиональный (С) подобные периоды вдвое меньшей длительности (6-7 лет) (Гаргопа, 1998-2002).

Вывод о том, что основной причиной современного распреснения Азовского моря является развитие выше обычного в холодное время года макропроцессов типов W и С, подтверждается и тем, что при типе Е уровень Черного моря возрастает, а при W+C понижается. Для уровня же Азовского моря соотношение обратное. Поэтому, в годы доминирования формы Е соотношения между уровнями этих морей создают гидродинамические предпосылки для усиления адвекций черноморских вод в Азовское море и его осолонения, а в годы усиления повторяемости макропроцессов типа С и W приток вод из Черного моря в Азовское резко уменьшается и последнее вступает в стадию распреснения. Наиболее яркими примерами этих двух случаев является период экстремального осолонения Азовского моря в 1972-1976 гг. и столь же необычное его опреснение в 1993-2002 гг.

Различия в реакциях на типы макропроцессов определяет некоторые отличия в характере периодичности и направленности тенденций и трендов в многолетних колебаниях элементов водных балансов и солености Азовского и Черного морей, а также изменения степени синхронности и синфазности в их межгодовых вариациях.

В естественный период (1923-1951) между колебаниями притоков речных вод, пресных балансов, солености Азовского и Черного морей наблюдалась удовлетворительная синхронность (r=0.57; 0.58; 0.48). В условиях антропогенных преобразований речного стока (1952-1985) степень синхронности между объемами притока речных вод в Азовское и Черное моря и их пресными балансами понизилась (r=0,34; 0,44), а между величинами солености оказалась статистически незначимой. Для изменений солености Азовского и Черного морей в 1952-1985 гг. характерны разнонаправленные тренды (0.6 и –0.5‰). В многолетних (1952-1985 гг.) изменениях солености Чёрного моря установлены два периода (18 и 16 лет) с непрерывной положительной (1952-1969 гг.) и отрицательной (1970-1985 гг.) аномальностями, которые соответствуют также двум периодам в изменениях притока речных вод продолжительностью по 17 лет (1952-1968 и 1969-1985 гг.), но с противоположными аномальностями. В свою очередь периодичность в многолетних колебаниях притока речных вод в Черное море и солености его деятельного слоя хорошо сопряжена с периодичностью в многолетних вариациях повторяемости форм атмосферной циркуляции.

Межгодовые изменения уровня Каспия, солености его северной части и Азовского моря асинхронны (r=-0.69…-0.73), а последних двух параметров синхронны (r=0.61). В многолетних колебаниях солености Северного Каспия и Азовского моря прослеживается синфазность с длинною одновременных и непрерывных периодов осолонения от трех (1952-1954) до 6 (1975-1980) и опреснения от 7 (1956-1962) до 12 (1990-2001) лет. Процессы W и Е генерируют в многолетних колебаниях уровня Каспия непрерывные соответствующие син-

фазные и асинфазные периоды длительностью до 13-18 лет, а в аналогичных изменениях солености Северного Каспия соответствующие асинфазные и синфазные периоды продолжительностью 10-12 лет, т.е. соизмеримые с длительностью подобных периодов в многолетних колебаниях солености Азовского моря. Несмотря на некоторые отличия в реакциях режимных характеристик Каспийского и Азовского морей на типы макропроцессов изменениям их солености для последних 50 лет характерны одинаковые тренды понижения (1.1‰) с максимумами осолонения соответственно в 1977 (10.4‰) и 1976 (13.8‰) гг. и опреснения с 1990 (до 6-8‰) и с 1993 (до 10-11‰) годов.

Все указанные циклы и периоды, являются чрезвычайно сложным и неустойчивым отражением в пространстве и времени отдельного, но в большинстве случаев совместного влияния цикличности и периодичности других факторов геофизического и космического происхождения.

При оценке возможных климатообусловленных тенденций в многолетних изменениях гидрометеорологических условий формирования биологических ресурсов Азовского моря использована известная концепция антропогенного изменения климата в сторону глобального потепления (IPCC, 1996; Berner V., Stahl W., 1999; Schon Wiese C.D., 1999; Nicholls R., Hoozemans F., Marchand M., 1997; Голицын, 1987; Будыко, Винников, 1986; Будыко, Винников, Менжулин, 1989; Будыко, Ефимова, Лугина, 1993 и др.) и мнение ряда исследователей о том, что основной вклад в изменения климата будут вносить естественные причины и прежде всего характер изменений солнечной активности и атмосферной циркуляции (Morris J., 1997; Freedman Bill, Beachamp Stephtn, 1996, 1998; Кондратович, 1994, 1995, 1998; Адаменко, Кондратьев, 1999; Сидоренков, Свиренко, 1989; Сидоренков, Швейкина, 1996; Антонов, 1982, 1990, 1997-1999 и др.).

Исходя из первого положения мы предполагаем, что в первую четверть XXI века сток р.Дон будет близким к норме, а р.Кубань несколько выше её. В этом случае и при условии антропогенного сокращения речного стока на экологически предельно допустимом уровне (не более 5-6 км^3/год или 14-15%) объем притока пресных вод в Азовское море в 2000-2015 гг. составит около 35-36 км^3 в год. При сохранении современных объемов безвозвратных изъятий стока (около 8-9 км^3/год) приток речных вод не превысит 33-34 км^3/год.

Соленость Азовского моря в 2001-2015 гг. в случае доминирования природных и антропогенных условий 1960-1986 гг. в среднем будет составлять - 11,5‰ при колебаниях в отдельные годы от 10,6 до 13,0‰, а в случае сохранения современных (1987-2002 гг.) соответственно: 10,6; 10,0 и 12,0‰.

Характер атмосферных процессов последних 10-15 лет и мнение ряда исследователей (Антонов, 1990, 1997, 1998; Алексеев, Священников, 1991; Дмитриев. 1994; Кондратович, 1994, 1995; Тимохов, 1999 и др.) позволяет предполагать сохранение и в дальнейшем, по крайней мере в холодное время года ближайшего десятилетия положительной аномальности формы W. Пресный баланс Азовского моря, сток рек его бассейна и уровенный режим, вероятно, окажутся

близкими к современным (1979-2002) значениям, а соленость в большинстве случаев будет находиться в интервале 10,5-11,5‰, изменяясь в пределах 10-12‰ с продолжением, наблюдаемой в последние два года весьма слабой и неустойчивой тенденции к росту. Для солености же самых поверхностных слоев северо-западной и северо-восточной частей Черного моря фаза распреснения, наблюдаемая после 1964 г., вероятно, сохранится, но так же как и у Азовского с некоторой тенденцией к относительно незначительному повышению для слоя 0-200 м. Можно предположить, что даже в случае продолжения глобального потепления вероятное повышение среднегодовой температуры воздуха в районе Азовского моря и северо-восточной части Черного по причинам как природного так и антропогенного характера в ближайшие 15-20 лет вряд ли составит более 1,2-1.3^{0}С по сравнению с концом XIX века и 0,4-0,5^{0}С по отношению к концу XX века, а среднегодовой температуры воды Азовского моря в его прибрежных и поверхностных слоях соответственно более 0,5-0,6^{0}С и 0,2-0,3^{0}С.

Заключение

Результаты исследований закономерностей океанографических и биологических процессов в Азовском море, их крупномасштабных изменений, сопряженности между собой, с процессами в атмосфере позволяет сделать ряд выводов.

1. Несмотря на рост антропогенных воздействий ключевыми факторами развития экосистемы Азовского моря (а также Каспийского и Черного) остаются климатообразующие процессы (особенно в последние 15 лет) и сток рек (главным образом половодный).

2. Пространственно-временная структура изменчивости океанологических полей и биопродуктивности Азовского моря формируется под их влиянием за периоды продолжительностью от синоптических и сезонных масштабов (термохалинная структура и устойчивость вод, кислородный режим) до периодов включающих рассматриваемый год, а также от 2-7 (соленость, биогенные вещества, первичная продукция, планктонные и донные сообщества, запасы полупроходных и некоторых проходных рыб) до 9-12 и более (запасы осетровых) предшествующих лет.

3. Влияние атмосферных процессов на гидрометеорологические и океанографические условия формирования и динамику популяций рыб южных морей России противоречиво и неоднозначно. Биопродуктивность Азовского моря возрастает в периоды развития западной формы атмосферной циркуляции, а в годы повышения повторяемости восточной – уменьшается. Влияние северного типа менее определенно. При типах W и C приток речных вод, пресный баланс Азовского моря и его уровень увеличиваются, соленость и интенсивность водообмена с Черным уменьшаются, при E последствия обратны. Реакция гидрофизических полей Черного моря противоположна. Развитие формы W вызывает

рост пресного баланса, подъем уровня Каспия и распреснение его северной части. Эффект воздействия типа Е противоположен. Влияние типа С аналогично воздействию формы W, но выражено слабее. Как и у солености Азовского моря изменения знаков аномалий различных типов макропроцессов опережают последующие знаки аномалий в колебаниях уровня Каспия и солености его северной части на периоды от 1-2 до 3-5 лет.

4. Антропогенные воздействия привели к тому, что гидрологические основы устойчивости экосистем бассейнов рек Азовского моря (а также Каспийского и Чёрного) в значительной мере разрушены. Значения гидрологических характеристик в пространственно-временном отношении и особенно в период половодья находятся за пределами величин, характерных для естественных условий. Водный режим устьевых областей рек не соответствует экологическим особенностям воспроизводства рыб. В зарегулированный период экосистема бассейна Азовского моря функционировала в среднемаловодных условиях, а в весеннее время, наиболее важное для воспроизводства проходных и полупроходных рыб - в исключительно маловодных. Несмотря на климатообусловленное повышение стока рек в последние 15 лет, вероятность формирования водного режима рек, отвечающего экологическим особенностям воспроизводства рыб составляет не более 10 (р.Дон) – 20 (р.Кубань)%, что в 8 и 4 раз уступает естественному периоду.

5. Результатом преимущественно антропогенных преобразований речного стока стали неблагоприятные для биопродуктивности Азовского моря (а также Каспийского и Чёрного) изменения основных характеристик его режима и в первую очередь осолонение 70-х годов на фоне исключительно неблагоприятных климатических условий до 14‰ (падение уровня Каспия и осолонение его северной части, ухудшение термохалинной структуры вод в Чёрном море). Именно антропогенное сокращение, преобразование пространственно-временной структуры колебаний стока рек и гидротехническое строительство явились одними из главных причин резкого падения рыбопродуктивности Азовского моря (и других южных морей). Поэтому и эффект от современного климатообусловленного распреснения Азовского моря до 10-11‰ (подъёма уровня Каспия и понижения солености его северной части, улучшения термохалинной структуры Чёрного) для запасов его (и других южных морей) проходных, полупроходных и других видов рыб пресноводного комплекса оказался незначительным, а от осолонения его до 13-14‰ столь катастрофичным.

6. Процесс деградации экосистемы бассейна Азовского моря можно остановить и создать предпосылки для восстановления ее биопродуктивности. Для этого необходимо уменьшить изъятия стока рек до экологически предельно-допустимого уровня (5-6 км^3/год или 14-15% годового объема) и восстановить пространственно-временную структуру колебаний речного стока до параметров, приближающихся к естественным (годовой сток не менее 35-36 км^3, весенний около 17-18 км^3).

7. Пространственно-временным колебаниям речного стока, метеорологи-

ческих элементов, гидрофизических, океанографических, биологических параметров экосистемы Азовского моря и климатообразующих процессов характерна квазицикличность, неустойчивая по продолжительности и величинам аномальностей периодичность, в том числе долговременная (от 2-3 до 15-20 и 80-90 лет) и определенная сопряженность между ними. Макропроцессы типов W и E, либо W+C, имеющие в структуре изменчивости долгопериодные составляющие, генерируют в многолетних колебаниях притока речных вод в Азовское море и его солености, уровня и солености Каспия наиболее продолжительные и непрерывные (от 10-12 до 13-18 лет) периоды с отрицательными и положительными аномальностями, а C подобные периоды меньшей длительности (от 6-7 до 11 лет).

8. Относительная и абсолютная степени воздействия антропогенных факторов на экосистему Азовского моря (а также Каспийского и Черного) в отдельные периоды усиливаются или ослабляются под влиянием квазициклического характера флуктуаций факторов природного происхождения. Примером первой ситуации является период исключительного маловодья и экстремального осолонения Азовского моря (падения уровня и осолонения Каспия, ухудшение термохалинной структуры в Чёрном море) в 70-х годах XX века и резкого падения его рыбопродуктивности, вызванных как антропогенными факторами так и климатообразующими процессами. Примером же второго служат последние 15 лет. Современное распреснение Азовского моря с 13,8 в 1976 г. до 10-11‰ в 1993-2002 гг. (подъем уровня Каспия на 2.5 м и распреснение до 6-8‰, улучшение термохалинной структуры Чёрного моря) и ряд других климатообусловленных аномалий (повышение и асинхронность водности рек, уменьшение её вариабельности и океанографических характеристик, «потепление» вод в летнее время, относительно «холодные» зимы, ветровая депрессия, рост устойчивости вод и первичного продуцирования, ухудшение кислородного режима, снижение влияния на соленость речного стока при росте вклада климатообразующих процессов и др.) объясняется главным образом развитием в холодный период форм W и C на фоне снижения в зимнее время повторяемости типа E при частоте их появления в годовом отношении на уровне нормы и снижении вариабельности.

9. В многолетних колебаниях естественного стока рек с начала XX века и до его конца выраженные тренды отсутствуют. Для пресных балансов и уровней Азовского, Черного и Каспийского морей характерны тенденции роста. Достаточно выраженные до второй половины 70-х середины 80-х годов положительные тренды в многолетних колебаниях солености Азовского моря (1.1; 0.6‰) и Северного Каспия (1.1-1.4‰) для последних 50 лет одинаковы по абсолютным величинам, но сменились с положительных на отрицательные (-1.1‰). Распреснение Черного моря, начавшееся с середины 60-х годов XX века, продолжилось до середины 90-х, с вероятной стабилизацией в дальнейшем.

10. В многолетних колебаниях температуры воздуха с конца XIX века до начала XXI тренды положительны, соизмеримы со среднеквадратическими от-

клонениями и величинами, характерными в целом для умеренных широт северного полушария, но пока не выходят за пределы естественной изменчивости. В многолетних (со второй половины 20-х годов до конца XX века) колебаниях температуры поверхностного слоя прибрежных вод Азовского моря чётко выраженных признаков глобального потепления не обнаружено. Для многолетних колебаний скоростей ветра характерны резко выраженные как для года в целом так и для его сезонов тренды понижения (1.3-1.7 м/с), в 2-3 раза превышающие стандартные отклонения. Наиболее пониженными скоростями ветра отличается современный период, особенно с 1988 г. Направленность тенденций и трендов, длительность периодов похолодания и потепления, периодов усиления и понижения ветровой активности, время их начала и окончания, степень аномальностей в многолетних колебаниях температуры воды и скоростей ветра отличаются между собой. Объясняется это главным образом соответствующими особенностями местных климатообразующих условий и в первую очередь общей и местной атмосферной циркуляции, морфологии и морфометрии береговой черты и дна.

11. В условиях предполагаемого развития макропроцессов типа W современные особенности гидрометеорологического режима и океанографических параметров Азовского моря (а также Каспийского и Чёрного), вероятно, сохранятся и в большей части первой четверти XXI века. Для южных морей России в современный период (особенно в последние 15 лет) характерна определенная сопряженность в климатообусловленных изменениях гидрометеорологических условий формирования их биопродуктивности, связанная главным образом со сменой макроциркуляционных эпох в 50-60-х (W на E) и 70-80-х (E на W) годах XX века. Поэтому преимущественно благоприятные особенности возможных крупномасштабных изменений гидрометеорологических условий формирования биопродуктивности Азовского моря в целом свойственны всем южным морям России. Но положительный эффект климатообразующих процессов для Азовского моря (а также Чёрного и Каспийского) в полной мере скажется лишь при уменьшении безвозвратных изъятий речного стока до экологически предельно допустимых и восстановления пространственно-временной структуры его колебаний (особенно в половодную фазу) до параметров, приближающихся к естественным, а также реализации других природоохранных мер (особенно рационального ведения промысла и дальнейшего развития промышленного воспроизводства рыбных запасов).

Основное содержание диссертации представлено в публикациях:

1. Богучарсков В.Т., Гаргопа Ю.М. Реки. // В кн.: Природные условия и естественные ресурсы. Природные ресурсы и производительные силы Северного Кавказа. Изд-во Рост. ун-та. 1986. С. 118-133.

2. Гаргопа Ю.М. Многолетние колебания стока реки Кубани под влиянием климатических и антропогенных факторов // Изв. СКНЦВШ, Сер. ест. наук. 1973. Вып.1. С. 67-70.
3. Гаргопа Ю.М. Козлитина С.В. Моделирование естественного процесса воспроизводства рыб Азово-Кубанского района. // Тр. ВНИРО. Т. XVIII. М., Пищепромиздат. 1976. С. 27-34.
4. Гаргопа Ю.М. Эколого-географические аспекты рыбохозяйственного использования стока реки Кубани и рек Восточного Приазовья. // Тез. докл. Секция V, VII съезда ГО СССР, Л., 1980. С. 43-44.
5. Гаргопа Ю.М., Баскакова Т.Е, Жукова С.В. Водные ресурсы и их использование // В кн.: Ресурсы живой фауны. ЧастьI. Водные животные. Природные ресурсы и производительные силы Северного Кавказа. Изд-во Рост. ун-та, 1980. С. 7-28.
6. Гаргопа Ю.М. Антропогенные и климатические причины снижения эффективности воспроизводства рыбных запасов в бассейне р. Кубань. // Географические аспекты изучения гидрологии и гидрохимии Азовского бассейна. Л.: Изд-во. ГО СССР, 1981. С. 29-37.
7. Гаргопа Ю.М., Жукова С.В. Изменение стока рек Восточного Приазовья и солености Бейсугского лимана под воздействием природных и антропогенных факторов. // Там же С. 23-28.
8. Гаргопа Ю.М., Дубинина В.Г., Шишкин В.М. Рыбное хозяйство. // В кн.: Водные ресурсы. Природные ресурсы и производительные силы Северного Кавказа. Изд-во Рост. ун-та, 1981. С. 127-141.
9. Гаргопа Ю.М., Макарова Г.Д., Козлитина С.В. Формирование режима солености и химических основ продуктивности Азовского моря под влиянием комплекса абиотических факторов. // Воспроизводство рыбных запасов Каспийского и Азовского морей. М.: ВНИРО, 1984. С. 142-153.
10. Гаргопа Ю.М. Проблемы прогноза и оптимизации абиотической части экосистемы Азовского моря. // Оптимизация, прогноз и охрана природной среды (Тез.докл. Всес симпоз. "Научные основы оптимизации, прогноза и охраны природной среды). Москва, 1986. С. 262-264.
11. Гаргопа Ю.М. Рыбохозяйственные аспекты рационального использования водных ресурсов Азовского моря и устьевых областей, впадающих в него рек. // Тез. докл. Всес. совещ. "Охрана природной среды морей и устьев рек" (Владивосток, 22-27сентября 1986). Владивосток ДВНЦ АН СССР. 1986. Т.1. С. 34-36.
12. Гаргопа Ю.М. Природные и антропогенные аспекты эволюции абиотической части экосистемы бассейна Азовского моря. // Современное состояние и перспективы рационального использования и охраны рыбного хозяйства в бассейне Азовского моря. Ч.I. Режимы. Биоресурсы водоемов и их охрана. Тез. докл. Всес. конф. (Ростов-на-Дону, ноябрь 1987). М., 1987. С. 39-41.
13. Гаргопа Ю.М. Проблемы моделирования, прогноза и управления океанологическими основами формирования биопродуктивности вод Азовского моря. // Тез.докл. III съезд советских океанологов. Ленинград, 14-19 декабря 1987 г.

Секция биология Океана, Часть I. Ленинград, Гидрометеоиздат, 1987. С.108-110.
14. Гаргопа Ю.М. Статистические модели формирования биогенных элементов и первичной продукции органического вещества в Азовском море. // Химия и биология морей. М.: Гидрометеоиздат, 1987. С. 28-38.
15. Гаргопа Ю.М. Статистический анализ влияния гидрометеорологических элементов на соленость, биогенные вещества и первичную продукцию в Азовском море // Гидробиол. журн., 1988, Т.24, N6. С. 63-67.

16. Гаргопа Ю.М. Влияние элементов гидрометеорологического режима бассейна Азовского моря на биопродуктивность его экосистемы. // Применение математических методов в рыбохозяйственных и гидробиологических исследованиях на внутренних водоемах СССР. Л.: Сб.научн. тр. ГосНИОРХ. Вып. 3[illegible] 1990. С. 23-27.
17. Гаргопа Ю.М. Влияние речного стока на соленость Азовского моря. // Рациональное использование и охрана природных ресурсов бассейнов Черного и Азовского морей. Ростов-на-Дону. 1988. С. 21-25.
18. Гаргопа Ю.М. Влияние элементов гидрометеорологического режима Азовского моря на его биологические ресурсы // Тез.докл. IX конф. по промысл. океанол. М., 1993. С.13-14.
19. Гаргопа Ю.М. Гидрометеорологические условия формирования биоресурсов Азовского и Черного морей, их возможные изменения. // Тез. докл. YI Всерос. конф. по пробл. промысл. прогноз. Мурманск, 4-6 октября 1995 г. С.187.
20. Гаргопа Ю.М. Оценка предельных экологически допустимых изъятий речного стока в бассейне Азовского моря. // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азовского бассейна. Ростов-на-Дону. "Полиграф". 1996. С. 133-135.
21. Гаргопа Ю.М., Степаненко Б.С., Евстюгов В.П., Катунин Д.Н., Чебанов М.С., Дубинина В.Г., Петросян С.Г., Филь С.А. Методические рекомендации по разработке предельно-допустимого отбора воды из рыбохозяйственных водоемов (водотоков). // Там же С. 128-133.
22. Гаргопа Ю.М., Катунин Д.Н., Чебанов М.С. Рыбохозяйственные и гидроэкологические аспекты нормирования преобразований стока рек в бассейн[illegible] южных морей России. // Тез.докл. второго междун. конгресса "Вода: экология и технология", ЭКВАТЭК-96. Москва 17-21 сентября 1996 г. С. 30.
23. Гаргопа Ю.М., Катунин Д.Н., Дубинина В.Г., Чебанов М.С., Филь С.А. Рыбохозяйственные и гидроэкологические аспекты нормирования преобразований стока рек в бассейнах южных морей России. // Первый конгресс ихтиологов России: Тез.докл. – М.: Изд-во ВНИРО. 1997. С. 412-413.
24. Гаргопа Ю.М., Шишкин В.М., Жукова С.В., Куропаткин А.П. Гидрометеорологические условия формирования биоресурсов Азовского и Черного морей, их возможные изменения. // Там же С.414-415.
25. Гаргопа Ю.М., Катунин Д.Н., Чебанов М.С. Рыбохозяйственные и гидро-

экологические аспекты нормирования преобразований стока рек в бассейнах южных морей России. // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черморского бассена. Сб. научн. тр. АзНИИРХ (1993-1995 гг.). Ростов-на-Дону. 1997. С. 131-139.
26. Гаргопа Ю.М. Влияние климатических факторов на крупномасштабную изменчивость элементов водного баланса, солености и отдельных компонентов биоресурсов Азовского и Черного морей. // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственых водоемов Азово-Черноморского бассейна // Тр. АзНИИРХ (1996-1997 г.). Ростов-на-Дону. 1998. С. 23-29.
27. Гаргопа Ю.М. Сопряженность влияния атмосферной циркуляции на водный баланс, соленость и биоресурсы Азовского и Черного морей. // Тез. докл. YII Всерос. конф. по проблемам промыслового прогнозирования, г.Мурманск 7-9 октября 1998 г. С.70-71.
28. Гаргопа Ю.М. Изменения водного баланса, солености и биоресурсов Азовского моря под влиянием атмосферной циркуляции // Тез. докл. XI Всерос. конф. по промысловой океанологии, Калининград, 14-18 сентября 1999 г. М., Изд-во ВНИРО. 1999. С. 71-72.
29. Гаргопа Ю.М. Климатические и антропогенные изменения гидрометеорологических условий формирования биоресурсов Азовского моря. // Тез. докл. междун. научн. семинара (г.Ростов-на-Дону 7-10 сентября 2000 г.) "Проблемы биологии и геологии в связи с перспективой рыболовства и нефтегазодобычи в Азовском море". Ростов-на-Дону, - 2000. С. 17-18.
30. Гаргопа Ю.М. Изменения стока рек бассейна Азовского моря и океанографических условий формирования его биоресурсов под влиянием климатических факторов // В кн.: Закономерности океанографических и биологических процессов в Азовском море. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2000. С.10-81.
31. Гаргопа Ю.М. Климатообусловленные и антропогенные изменения притока речных вод в Азовское море и гидрологических условий формирования его биоресурсов. // Эколого-географический вестник юга России. № 2. 2000.С. 6-13.
32. Гаргопа Ю.М. Крупномасштабные изменения гидрометеорологических условий формирования биопродуктивности Азовского моря // Вопросы рыболовства. Том 1, № 2-3, 2000, Ч.I. С.92-93.
33. Гаргопа Ю.М. Крупномасштабные изменения гидрометеорологических условий формирования биоресурсов Азовского моря. // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна. Тр. АзНИИРХ (1998-1999 г.). Ростов-на-Дону. 2000. С. 20-27.
34. Гаргопа Ю.М. Гидрометеорологические условия формирования биопродуктивности Азовского и Черного морей. // Проблемы сохранения экосистем и рационального использования биоресурсов Азово-Черноморского бассейна. Материалы междун. научн. конф. (Ростов-на-Дону, 8-12 октября 2001). Ростов-на-Дону. 2001. С. 42-44.
35. Гаргопа Ю.М. Закономерности многолетней динамики океанографических процессов и компонентов биоты Азовского моря. // В кн.: Среда, биота и моде-

лирование экологических процессов в Азовском море. Апатиты, Изд-во КНЦ РАН. 2001. С. 44-71.
36. Гаргопа Ю.М. Гидрометеорологические условия формирования режима биогенных веществ в Азовском море. // В кн.: Экосистемные исследования Азовского моря и побережья. Т IV. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН. 2002. С. 167-192.
37. Гаргопа Ю.М. Крупномасштабные изменения гидрометеорологических условий формирования биопродуктивности Азовского и Черного морей // Современные проблемы океанологии шельфовых морей России: Тез. докл. междун. конф. (г.Ростов-на-Дону, 13-15 июня 2002 г.) Мурманск: Изд. ММБИ КНЦ РАН, 2002. С. 36-39.
38. Гаргопа Ю.М. Современное распреснение Азовского моря и его связь с многолетними колебаниями атмосферной циркуляции. // Водные ресурсы. 20[illegible] Т. 29. №6. С. 747-754.
39. Гаргопа Ю.М. Сопряженность крупномасштабных изменений гидрологических условий формирования биоресурсов Азовского и Черных морей с многолетними колебаниями атмосферных процессов. // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна. Сб. науч. тр. АзНИИРХ (2000-2001 гг.). Москва, - 2002. С. 7-17.
40. Гаргопа Ю.М. Периодичность в изменениях элементов экосистемы Азовского моря. // Изв. вузов Сев. Кавк. регион. естеств. науки. Приложение №2. 2003. С. 27-32.
41. Гаргопа Ю.М. Сопряженность крупномасштабных изменений биопродуктивности Азовского моря и гидрометеорологических условий ее формирования. // Изв. вузов Сев. Кавк. регион. естеств. науки. 2003. №2. С. 78-82.
42. Дубинина В.Г., Гаргопа Ю.М. Рыбное хозяйство бассейна Азовского моря в условиях интенсивного использования водных ресурсов. // Тр. ВНИРО, Т. С III, М., 1974. С. 10-32.
43. Дубинина В.Г., Гаргопа Ю.М., Чебанов М.С., Катунин Д.Н., Филь С.А. Методические подходы к экологическому нормированию антропогенного сокращения речного стока. // Водные ресурсы. Том 23, №1. 1996. С. 78-85.
44. Закутский В.П., Гаргопа Ю.М., Куропаткин А.П., Шишкин В.М.. Резниченко О.Г. Влияние элементов гидрометеорологического режима на некото[illegible] гидробионты. // Тез.докл. III съезд советских океанологов Ленинград, 14-19 [illegible]кабря 1987 г. Секция биология Океана, Часть I. Ленинград, Гидрометеоиздат, 1987. С. 14-16.
45. Закутский В.П., Куропаткин А.П.,Гаргопа Ю.М. Перспективная оценка биомассы медузы по солености. // Гидроб. журн. Т.24, 1988. №1. С.18-22.
46. Матишов Г.Г., Гаргопа Ю.М. Сопряженность многолетних колебаний гидрометеорологичских условий и биопродуктивности Азовского моря. // Доклады РАН. 2003. Январь Т. 388. №1.Океанология С.113-115.
47. Матишов Г.Г., Гаргопа Ю.М. “Аномальность гидрометеорологических условий формирования биопродуктивности Азовского моря в современный пери-

од". Электронный журнал "Исследовано в России", 30, стр. 309-316, 2003 г. http://zhurhal.ape.relarn.ru/articles/2003/0301.pafl.
48. Матишов Г.Г., Гаргопа Ю.М. Современные особенности гидрометеорологических условий формирования биопродуктивности Азовского моря. // Доклады РАН. 2003. Апрель Т.389. №4. География. С.535-537.
49. Матишов Г.Г., Абраменко М.И., Гаргопа Ю.М., Буфетова М.В. Новейшие экологические феномены в Азовском море (вторая половина XX века). T.V. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН. 2003. 441 с.

50. Температура воды (соавт: Гоптарев Н.П., Заклинский Г.В., Шишкин В.М.); Соленость вод (соавт: Гоптарев Н.П., Шишкин В.М., Куропаткин А.П., Бронфман А.М.); Водный баланс (соавт: Заклинский Г.В.) Анализ и моделирование, влияния гидрометеорологических условий на содержание биогенных веществ в Азовском море (Гаргопа Ю.М.). Первичная продукция органического вещества (соавт: Макарова Г.Д.) // В кн.: Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т. V. Азовское море. СПб.: Гидрометеоиздат. 1991. С. 54-59; 73-77; 96-101; 169-174; 193-195.
51. Шишкин В.М.. Гаргопа Ю.М., Куропаткин А.П. Особенности гидрометеорологического режима Азовского моря в 1989-1990 гг. и прогноз некоторых его элементов с заблаговременностью один-два года. // Мониторинг условий среды в районах морского рыбного промысла в 1989-1990 гг. Сб. статей. М.: ВНИРО. 1991. С. 36-47.

Подписано в печать 15.09.03г. Формат А-5, 148,5x210. Тираж 120 экз.