

РОЛЬ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ В ДИНАМИКЕ ЭКОСИСТЕМ ЮЖНЫХ МОРЕЙ

Ю.М. Гаргопа

*Азовский филиал Мурманского морского биологического института и Южный
научный центр Российской академии наук*

Современные климатические условия формирования режима и биопродуктивности Азовского моря и других морей юга России в основном благоприятны (относительно повышенная водность рек, распреснение морей, сравнительно «холодные зимы») для их экосистем. Термохалинная структура вод Азовского, Черного и Каспийского морей в 2007 г. в целом сохранила черты, сложившиеся в условиях доминирования в последние десятилетия западной формы АЦ.

Введение

В предшествующих выпусках (Гаргопа, 2004; 2005; 2006; 2007) и других публикациях (Гаргопа, 2000-2006; Матишов и др, 2003; 2006) нами рассматривались вопросы, связанные с оценкой сопряженности процессов в системе атмосфера-гидросфера-литосфера-биосфера, а также связи ее характеристик с нестабильностью вращения Земли применительно к бассейнам южных морей, их среде и биоте. Настоящая работа является продолжением исследований в указанных выше направлениях. В ранее выполненных работах анализировались связи гидрометеорологических характеристик Азовского, Черного и Каспийского морей с многолетними колебаниями атмосферной циркуляции (АЦ) в северном и южном полушариях для периода с 1952 г. по 2001 г., в предлагаемой работе - для более длительного ряда (1952-2005 гг.). Кроме того, дается оценка особенностей термохалинной структуры вод южных морей в 2007 г. по результатам экспедиционных наблюдений ММБИ КНЦ РАН и Южного научного центра РАН.

Материалы и методы анализа

Применялись практически те же материалы и методические подходы, что и ранее (Гаргопа, 2004, 2005, 2006, 2007). В качестве характеристики интенсивности атмосферной циркуляции в северном полушарии, как и в предшествующих работах, использована типизация Г.Я. Вангенгейма, представленная в виде западной (W), северной (С) и восточной (Е) форм (Вангенгейм, 1938; Гирс, 1971;1974). Для южного полушария взят индекс SOI, отражающий явление Эль-Ниньо – Южное колебание (ЭНЮК) (Сидоренков, 2002). Используются опубликованные в печати и фондовые материалы наблюдений за стоком рек, элементами водного баланса, океанографическими и биологическими

характеристиками, термическим, ветровым и уреченным режимиами сети ГМС и учреждений Госкомгидромета (Гидрометцентр, ААНИИ, РГГМУ, ГОИН, СО ГОИН, СК УГМС и др.), учреждений Академии наук СССР и РАН (ИВП, ММБИ, ЮНЦ), Госкомрыболовства РФ (АзЧерНИРО, АзНИИРХ, КаспНИРХ, ВНИРО).

Влияние речного стока и АЦ на абиотические и биотические элементы.

Уточненные на основе анализа более длительного ряда (1952-2005 гг.) оценки влияния речного стока и АЦ на абиотические и биотические элементы экосистем южных морей в целом соответствуют полученным нами ранее.

Подтверждается, что несмотря на рост антропогенных воздействий ключевыми факторами формирования режима Азовского, Каспийского и Черного морей остаются климатообразующие процессы и сток рек, которым свойственна квазицикличность.

Влияние атмосферных процессов атлантико-европейского сектора северного полушария на гидрометеорологические и океанографические условия формирования и динамику популяций рыб южных морей противоречиво и неоднозначно.

Рыбопродуктивность Азовского моря возрастает в периоды развития западной формы (W), а в годы повышения повторяемости восточной (E) - уменьшается. Влияние северного типа (C) менее определено.

Климатообразующие процессы остаются ключевым фактором формирования не только режима Азовского моря (а также Каспийского и Черного), но и его планктонных и донных сообществ. В условиях развития западной (W) формы АЦ, первичная продукция органического вещества и биомасса фитопланктона в Азовском море возрастают, а в годы доминирования макропроцессов восточного (E) типа уменьшаются. Подобные закономерности в основном характерны и для биомассы зоопланктона. Влияние северного (C) типа макропроцессов неоднозначно. В современный период усиление повторяемости макропроцессов C формирует гидрометеорологические условия, способствующие понижению биомассы зоопланктона в Таганрогском заливе, а также биомассы фитопланктона в Азовском море. В случае роста повторяемости формы E осенью, типа C в холодное и весенне-летнее время года биомасса гребневика *Mnemiopsis leidyi* в Азовском море понижается и, наоборот, увеличивается, если зимой и особенно весной и летом развивается восточная форма АЦ. Снижение биомассы мнемипсиса связано также с преобладанием теплой фазы ЮК – Эль-Ниньо, а рост с ее ослаблением и формированием холодной фазы ЮК – Ла-Нинья. В периоды развития явления Ла-Нинья и восточной формы АЦ биомасса зообентоса в Азовском море возрастает, а в периоды усиления явлений Эль-Ниньо и роста повторяемости макропроцессов W и C понижается.

Связанно это с тем, что при типах W и C приток речных вод, пресный баланс Азовского моря и его уровень растут, соленость уменьшается, при типе E - последствия

обратные. Реакция аналогичных характеристик Черного моря в значительной степени противоположна. Развитие формы W вызывает рост пресного баланса, подъем уровня Каспия и распреснение его северной части. Эффект воздействия типа E - 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 изменения знаков в колебаниях уровня и солености его северной части на периоды от 1-2 до 3-5 лет. В отличие от Азовского и Каспийского морей для Черного более важен характер атмосферных процессов не только в холодное время, но и в целом за год (рис.1, 2).

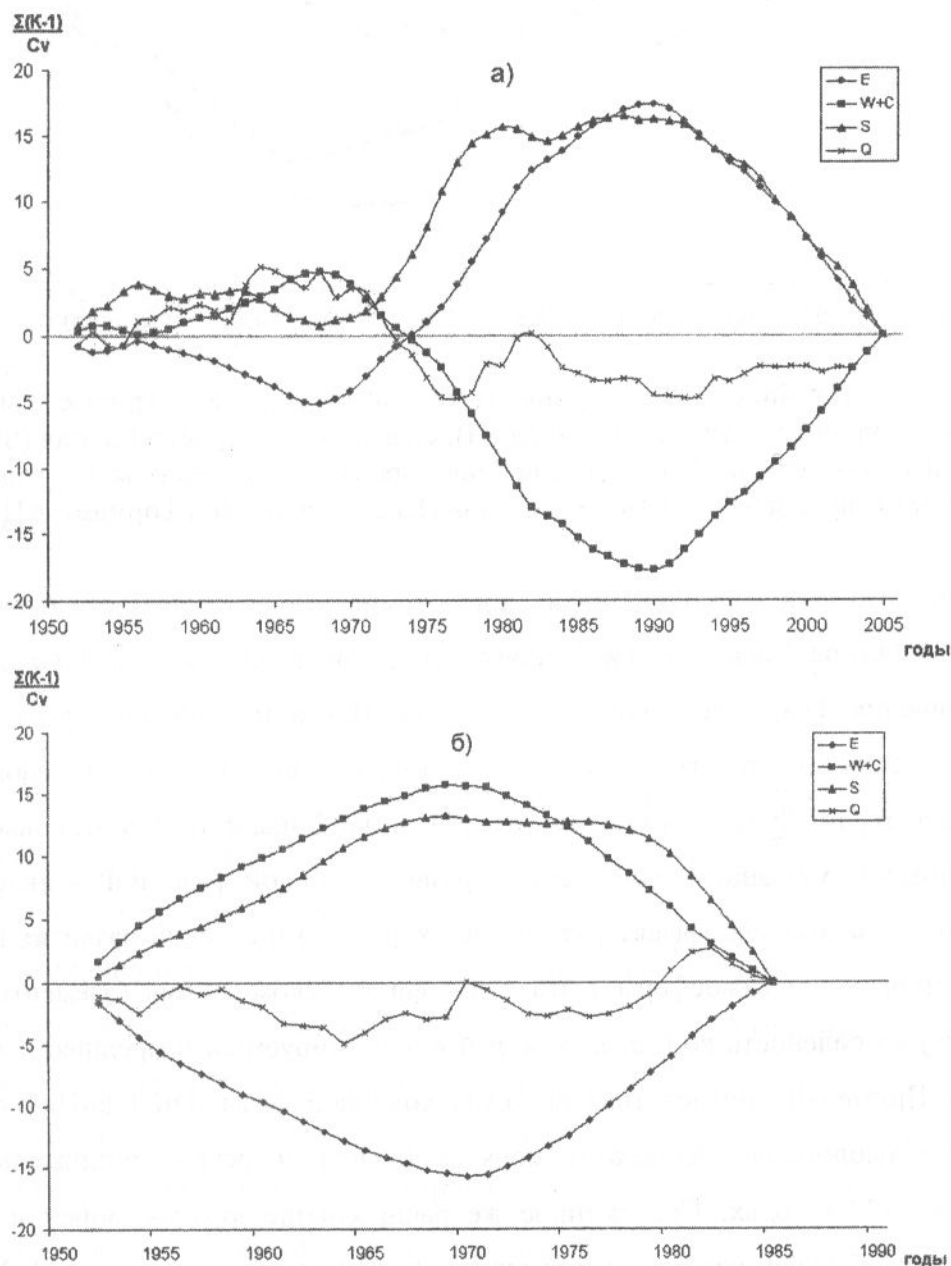


Рис. 1. Нормированные разностные интегральные кривые модульных коэффициентов: а – соленость Азовского моря (S); годовой сток рек (Q); сумма дней за холодное время рассматриваемого и пяти предшествующих лет с восточной (E) и комбинированной (W+C) формами АЦ; б – соленость Черного моря (S); годовой сток рек (Q); сумма дней с формами АЦ (E, W+C) за рассматриваемый и 7 предшествующих лет

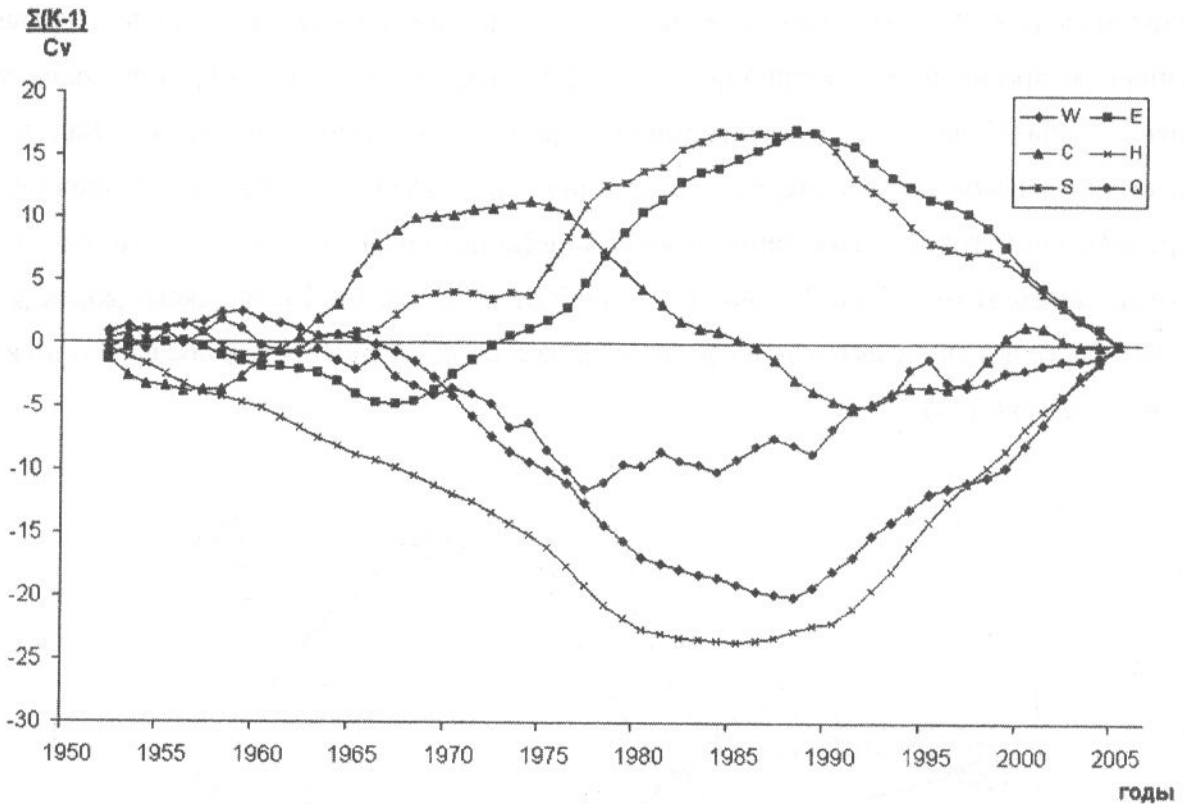


Рис. 2. Нормированные разностные интегральные кривые модульных коэффициентов: уровень Каспийского моря (H); соленость Северного Каспия (S); годовой сток р. Волги (Q); сумма дней за холодное время рассматриваемого года и трех предшествующих лет с западной (W), восточной (E) и северной (C) формами АЦ

В холодную фазу ЮК (Ла-Нинья), когда температура поверхности океана (ТПО) понижается, Азовское, Каспийское и Чёрное моря осолоняются, а в теплую (Эль-Ниньо) в случае повышения ТПО, распресняются. Сток же Волги и особенно уровень Каспия понижаются, если в рассматриваемый и предшествующие годы наблюдаются повышенные значения SOI, т.е. холодная фаза ЮК – Ла-Нинья и, наоборот, повышаются в случаях понижения указанного показателя и развития теплой фазы ЮК – явления Эль-Ниньо. Причём максимален эффект воздействия характера и степени развития ЮК через возмущение циркуляции атмосферы в атлантико-европейском секторе (элементы водного баланса и др.) на соленость вод южных морей в анализируемый и предшествующие 3-7 лет и более. Примерами последствия развития холодной фазы ЮК (Ла-Нинья) служит экстремальное осолонение Азовского моря и Каспия и резкое понижение уровня последнего в 1970-х годах. Современное же распреснение южных морей и быстрый подъем уровня Каспия хорошо согласуются особенно в последние 11–12 лет с выраженным развитием теплой фазы ЮК (Эль-Ниньо) (рис. 3).

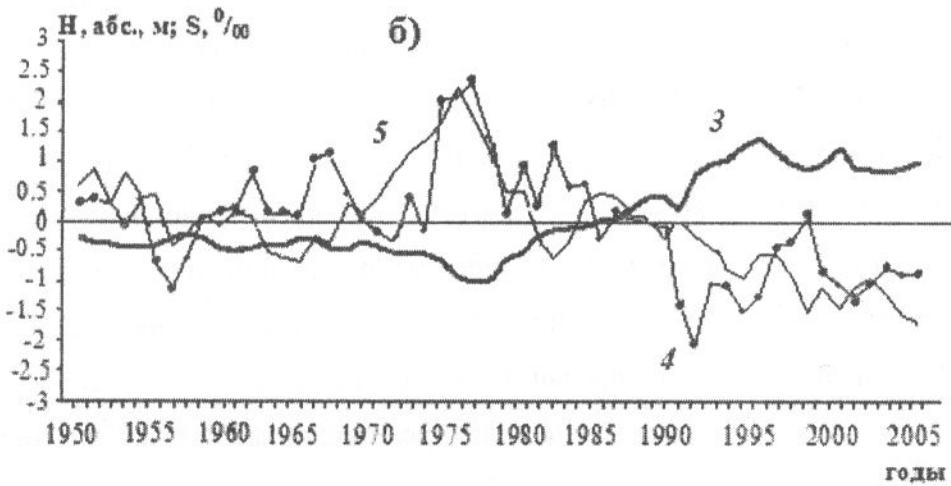
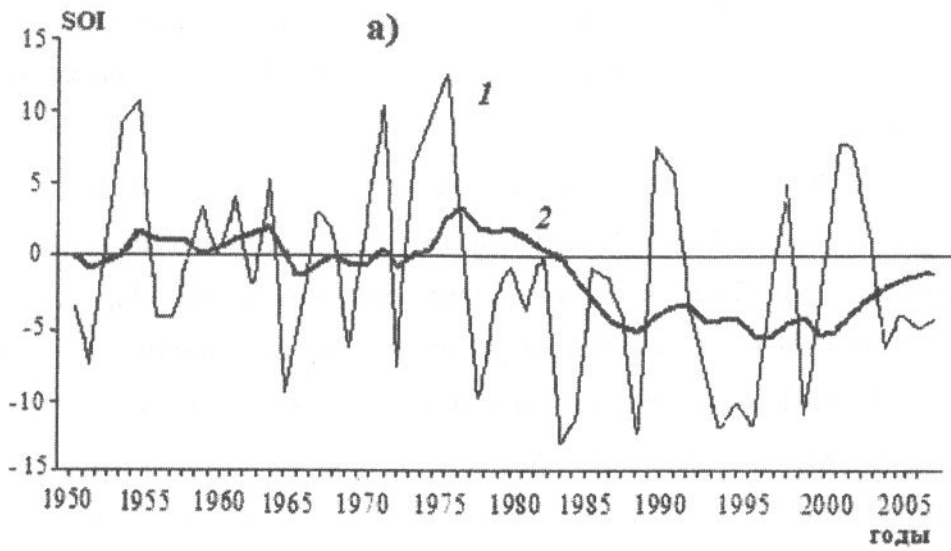


Рис. 3. Среднегодовые (1), средние за рассматриваемый и 9 предшествующих лет (2) величины индекса SOI (а) и среднегодовые аномалии уровня Каспия (3), солёности его северной части (4) и Азовского моря (5) в 1952-2005 гг. (б)

Пространственно-временным колебаниям речного стока, метеозаэментов, гидрофизических, океанографических, биологических параметров и климатообразующих процессов характерна квазицикличность, неустойчивая по продолжительности и величинам аномалий периодичность, в том числе долговременная (от 2-3 до 15-20 и 80-90 лет), и определенная сопряженность между ними. Колебания интенсивности и характера ЮК, а также макропроцессов W и E, имеющих в структуре изменчивости долгопериодные составляющие, генерируют в многолетних колебаниях пресного баланса, уровня и солёности Азовского и Каспийского морей наиболее продолжительные и непрерывные (от 8-12 до 14-18 и более лет) периоды с отрицательными и положительными аномалиями, а колебания макропроцесса С - подобные периоды меньшей продолжительности (от 6-7 до 11 лет).

Для южных морей России в современный период (особенно в последние 15 лет) характерна определенная сопряженность в многолетних колебаниях интегральных

показателей состояния их экосистем (элементы водного баланса, уровень, соленость, термический, ветровой и кислородный режимы, первичное продуцирование органического вещества и др.).

Со второй половины 70-х годов XX в. для южных морей характерно высокое стояние уровней, вызванное климатообусловленным увеличением пресных балансов, а для Азово-Черноморского бассейна и эвстатическим подъемом уровня Мирового океана вследствие глобального потепления. Несмотря на некоторые различия в реакциях режимных характеристик Каспийского и Азовского морей на колебания атмосферной циркуляции, изменениям их солености в последние 50-55 лет свойственны схожие тренды понижения (соответственно -1,3 и -1,5‰). Распреснение поверхностного слоя (0-200 м) Черного моря, начавшееся с середины 60-х гг. XX в., продолжалось, по крайней мере, до середины 90-х годов с вероятной стабилизацией в дальнейшем (рис. 4).

Современное распреснение Азовского моря до 9,5-10‰, подъем уровня Каспия на 2,5 м. и распреснение до 6-8 ‰ его северной части, а также, как будет показано ниже, понижение солености глубоководных среднего и южного районов, улучшение термохалинной структуры Черного моря и ряд других общих для южных морей климатообусловленных аномалий (потепление вод, ветровая депрессия, рост устойчивости вод и первичного продуцирования, ухудшение кислородного режима и др.) объясняется главным образом опосредованным влиянием теплой фазы ЮК (Эль-Ниньо) и развитием в холодный период форм W и C на фоне снижения в зимнее время повторяемости типа E при близких к норме частотах появления всех форм в годовом отношении (рис. 1-4).

В предлагаемой работе сделана попытка оценить связь солености (S) основной глубоководной части Каспия с речным стоком (Q) и АЦ.

Ранее (Гаргопа, 2004, 2005) было установлено, что соленость (S) Азовского и Черного (0-200м) морей, Северного Каспия является результатом воздействия суммарного стока рек (Q) за рассматриваемый год и 3-7 предшествующих. При этом реакция солености на сток максимальна для Азовского моря ($r=-0,90\dots-0,97$). Несколько меньше ($r=-0,74\dots-0,76$) она у солености Северного Каспия и средней солености поверхностного слоя (0-200м) Черного моря. Процесс формирования здесь термохалинной структуры вод более сложен и находится под влиянием осенне-зимнего конвективного перемешивания, горизонтальной циркуляции вод и вертикальной адвекции более соленых и холодных нижележащих слоев. В то же время корреляция солености поверхностных вод северо-западной части Черного моря, опресняемой стоком рек Дунай, Днепр, Днестр, Буг (80% общего Q), с годовым объемом суммарного стока статистически значима. Для верхнего слоя коэффициент корреляции составляет -0,53; на глубине 20м -0,49; 30м -0,42;

максимум ($r=-0,78$) приходится на глубину 10м. На глубине же 50м корреляционная связь переходит из отрицательной в положительную, но статистически не значимую ($r=0,08$).

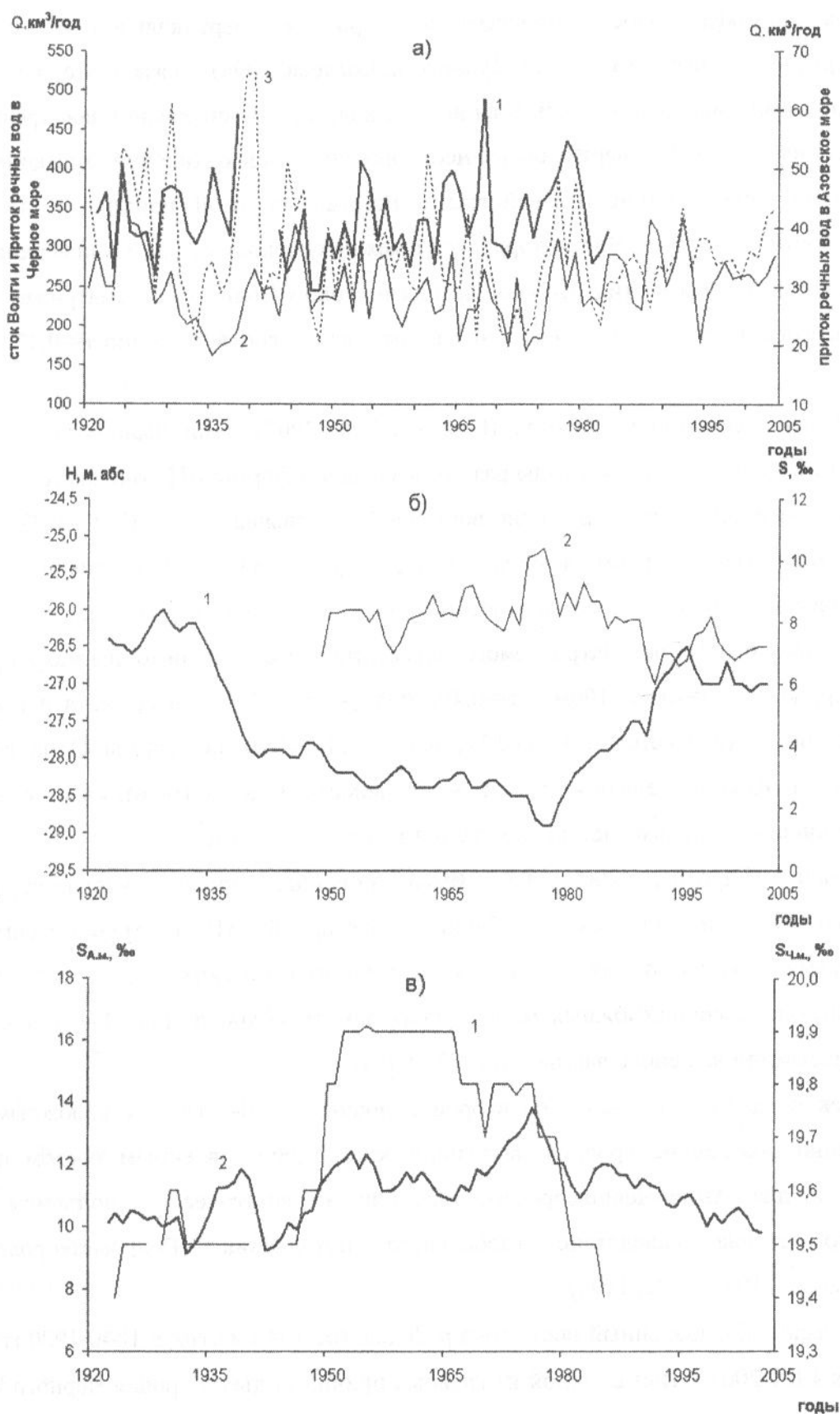


Рис. 4. Многолетние колебания: а) – притока речных вод в Черное (1), Каспийское (2-р. Волга) и Азовское (3) моря; б) – уровня Каспийского моря (1), солености Северного Каспия (2); в) – солености Черного (1) и Азовского (2) морей

Для Среднего и особенно Южного Каспия (соответственно разрезы Дивичи – Кендырли и о.Куринский – о.Огуринский) по данным за август 1958-2000 гг. характерна большая многофакторность процесса формирования вертикальной термохалинной структуры, чем в Северном Каспии (Тужилкин, Косарев, 2004). Связано это, в частности, с особенностями циркуляции здесь Каспийских вод, их относительной завихренностью и дивергенцией, а также вертикально неоднородной горизонтальной адвекцией вод с различными термохалинными свойствами. Видимо, по этой причине и по причине отдаленности от устья р. Волги корреляция между соленостью вод на поверхности и на глубинах 100 и 800м в этих районах Каспия и стоком Волги за рассматриваемый и 4-6 предшествующих лет статистически выражена слабее (соответственно $r=-0,42$; $-0,55$ и $-0,20$).

В предшествующих работах (Гаргопа, 2000-2007) нами было установлено, что соленость Северного Каспия в годы развития западной формы АЦ понижается ($r=-0,69\dots-0,71$), а в периоды доминирования восточной – повышается ($r=0,61\dots0,72$). Эффект воздействия указанных форм на соленость средней и южной частей Каспия (слой 0-800 м) статистически выражен слабее (соответственно $r=-0,34\dots-0,53$ и $r=0,32\dots0,39$). При этом влияние характера АЦ рассматриваемого года статистически значимо для макропроцессов W (поверхность – $r=-0,44$; 100м – $r=-0,49$; 800м – $r=-0,23$), а также, хотя и в меньшей степени, для E (соответственно $r=0,31$; $0,39$; $0,24$). Влияние формы С на соленость Среднего и Южного Каспия как и на соленость Северного отличается меньшей определенностью и преимущественно статистически не значимо.

Ранее (Гаргопа, 2000-2007) была показана вполне удовлетворительная согласованность многолетних колебаний планетарной АЦ с крупномасштабными изменениями гидрометеорологических, океанографических и биологических характеристик бассейнов южных морей. Частично это видно из рис. 1-4, выполненных преимущественно на основе данных за 1952-2005 гг.

Как было указано выше, со второй половины 1970-х гг. XX в. южным морям свойственно повышение уровней, вызванное климатообусловленным ростом пресного баланса, а для Азово-Черноморского бассейна и эвстатическим подъемом уровня Мирового океана вследствие глобального потепления (Гидрометеорология и гидрохимия..., 1991, 1992, 1996).

Климатообусловленный рост стока р. Дунай (от 194 км³/год в 1840-1920 гг. до 214 км³/год в 1961-2002 гг.) стал одной из главных причин подъема уровня Черного моря за последние 50 лет примерно на 15 см (1,5 – 2 мм/год), (Кондратович, 1994; Котляков, Мандыч, 1997; Лаппо, Рева, 1997; Emil V. Stanev, Elissaveta L. Peneva, 2002). В работах (Левашева и др., 2004; Михайлов и др., 2008) выявлены заметные тренды в изменениях

многих гидрометеорологических характеристик в бассейне р. Дунай. В 1974-2002 гг. возросла температура воздуха и воды, увеличилось количество атмосферных осадков, смягчились ледовые условия и, несмотря на водозабор на хозяйственные нужды и потери на испарение с поверхности водохранилищ, увеличился сток воды Дуная. Одновременно с этим в последние десятилетия участились экстремальные гидрологические явления на Дунае, например, значительные весенне-летние половодья отмечались в 1980, 1981, 1988, 1999, 2005 гг. Катастрофические паводки наблюдались в 2002 г. (август) и особенно в 2006 г. (март-июнь), когда экстремальное половодье превысило на Нижнем Дунае исторические максимумы.

Для Азовского моря также характерно подобное повышение уровня, причем с заметным ускорением в последние 40-45 лет (Гидрометеорология и гидрохимия..., 1991; Михайлов и др., 2002).

Уровень Каспия с 1978 г. по 1995 г. повысился на 2,5 м (до -26,54 м абс.), а в последующие годы понизился примерно на 0,6 м, оставаясь, как и в Азово-Черноморском бассейне, на высоких отметках (Гидрометеорология и гидрохимия..., 1992; 1996; Белов, 2004; Катунин и др., 2006).

В колебаниях стока р. Волга установлен климатообусловленный тренд роста (на 36,4 км³ или 15%) от 231 до 268 км³/год. В последние десятилетия наблюдается и повышение водности рек бассейна Азовского моря (главным образом р. Кубани), особенно в холодное время года. Приток речных вод в 2000-2007 гг. в среднем составил около 40 км³/год, т.е. на уровне естественного периода. Однако, в изменениях весеннего стока рек четко прослеживается тенденция главным образом антропогенного сокращения (на 2,8 км³, или 22%).

Достаточно выраженные до второй половины 1970-х и середины 1980-х годов положительные тренды в многолетних колебаниях солености Азовского моря (1,1‰; 0,6‰) и Северного Каспия (1,4‰; 1,1‰) с максимумами осолонения соответственно в 1976 г. (13,8‰) и 1977 г. (10,4‰) для последних 50-55 лет близки по абсолютным величинам, но сменились с положительных на отрицательные (соответственно - 1,5‰ и - 1,3‰). Для периода с 1977г. они составляют -2,5‰ и -2,4‰. При этом сроки наступления наибольшего распреснения Азовского моря (до 10-11‰) и Северного Каспия (до 6-8‰) близки (соответственно с 1993 г. и 1990 г.).

Тренд в многолетних колебаниях солености (0 – 200 м) Черного моря до середины 1980-х гг. XX в. соизмерим по абсолютной величине с трендом, установленным для солености Азовского моря в этот период (0,6 ‰), но в силу намного большей инерционности водной массы и определенной противоположности их реакций на различные типы АЦ отрицателен (-0,5‰). Распреснение Черного моря, начавшееся с

середины 1960-х годов, продолжалось, по крайней мере, до начала второй половины 1990-х годов, с вероятным сохранением этой тенденции в дальнейшем (см. рис. 4).

Объясняется изложенное выше, главным образом, развитием в последние 15-20 лет большей частью западного и северного типов макропроцессов (особенно в зимний период) на фоне значительного ослабления восточного.

Особый интерес вызывает реакция южных морей на глобальное потепление. В многолетних (с середины 1920-х гг.) колебаниях температуры поверхностного слоя даже мелководного Азовского моря четких признаков глобального потепления не обнаружено. Положительный тренд, соизмеримый со стандартными отклонениями, установлен лишь для весенних характеристик ($0,8-0,9^{\circ}\text{C}$). Для других сезонов и года в целом изменения температуры воды существенно им уступают. Вместе с тем можно отметить потепление (относительно нормы последних 50-60 лет) прибрежных вод, наиболее выраженное (порядка $0,1-0,2^{\circ}\text{C}/\text{год}$) для летних месяцев последних 15-20 лет (особенно 1998-2007 гг.) при более частых относительно «холодных» зимах (большинство зим 1984-2000, 2002-2003 и особенно 2005-2006 гг.). Зима 2005-2006 гг. была одной из самых холодных за последние 50 лет на южных морях. Толщина льдов в Азовском море достигала 0,5 м, наблюдалось явление торошения, при этом высота торосов достигала 1,5-2,5 м. Зима же 2006-2007 гг., наоборот, была исключительно теплой. По данным Гидрометцентра РФ и СКУГМС первая половина января 2008 г. была аномально холодной. В Южном Федеральном Округе (ЮФО) морозы ночью достигали $-19...-23^{\circ}\text{C}$ и ниже. Суровые условия судоходства сложились в Азовском и на севере Каспийского моря. Из-за продолжительных холодов толщина льда здесь значительно превышала норму. Столь холодный январь для ЮФО - в числе первых десяти самых холодных январей с 1891 г.

Это свидетельствует о значительной неопределенности при оценке причин и степени глобального потепления и особенно будущих изменений температурных условий. Для осредненных по Азовскому морю многолетних (с 1909-1922 по 2006 гг.) значений среднегодовых и среднесезонных скоростей ветра установлены отрицательные линейные тренды, составляющие 1,3-1,7 м/с, что превышает стандартные отклонения вдвое и более. Причем, особенно пониженные скорости ветра наблюдались с 1988 г., т. е. в период, когда произошла замена восточного типа макропроцессов (E) на западный (W). Следует отметить, что уменьшение скоростей ветра отмечается не только в бассейнах южных морей, но и в целом по России, а также в других странах (Англия, США), что свидетельствует о глобальности этого явления. Указываются две возможные группы причин ослабления скорости ветра. Первая – это причины антропогенного характера, связанные с разными приборами и методиками измерения скорости ветра, а также с изменением защищенности метеорологических площадок, которая в последние годы

увеличилась вследствие застройки территорий и роста деревьев. Вторая причина – это изменение общей циркуляции атмосферы (Мещерская, Баранова, 2006). На наш взгляд все же решающее значение имеет смена формы Е на форму W.

Над акваториями южных морей произошло изменение розы ветров, заключающееся в уменьшении повторяемости и скорости ветров восточных направлений при относительном росте повторяемости западных ветров и несущественном снижении их скорости. В этих условиях квазистационарный наклон уровня Азовского моря от вершины Таганрогского залива до Керчи в 16 см (Гидрометеорология..., 1991) уменьшился примерно на 5-6 см, циклональный круговорот вод имеет меньшую выраженность. В условиях антропогенного сокращения твёрдого стока рек (до 3 млн. т/год, или в 4-5 раз) получили развитие абразионные процессы. В работах (Белов, 2004; Катунин и др., 2006) обращается внимание на ослабление характерного для 1960-1980 гг. циклонического круговорота в Каспийском море над глубоководной Дербентской впадиной, и усиление антициклонального круговорота на глубинах 100 м и более.

В целом, смена характера климатообразующих процессов с восточного типа на западный способствовала повышению стока рек, росту пресных балансов, распреснению и подъёму уровней Азовского, Чёрного и Каспийского морей. Резко выраженная ветровая депрессия и потепление вод привели к уменьшению степени турбулентного перемешивания, росту вертикальной устойчивости вод и первичного продуцирования, ухудшению кислородного режима и другим последствиям.

Современные климатические условия формирования режима и биопродуктивности Азовского моря и других морей юга России в основном благоприятны (относительно повышенная водность рек, распреснение морей, сравнительно «холодные зимы») для их экосистем. К неблагоприятным климатообусловленным факторам можно отнести резко выраженную ветровую депрессию и с некоторой долей неопределённости потепление вод в целом и особенно в летнее время, которые способствовали ухудшению кислородного режима. К негативным относится также рост зимнего стока рек и сокращение весеннего, имеющего наиболее важное значение для воспроизводства рыбных запасов.

Термохалинная структура вод Азовского, Чёрного и Каспийского морей в 2007 г. в целом сохранила черты, сложившиеся в условиях доминирования в последние десятилетия западной формы АЦ.

Термохалинная структура вод Азовского, Чёрного и Каспийского морей в 2007 г.

АФ ММБИ и ЮНЦ РАН выполняют комплексные экспедиционные исследования в Азовском море с 1997 г. За это время проведено более 35 экспедиций как в Таганрогском заливе, так и в Азовском море. Наблюдения велись по схемам, представляющим

совокупность стандартных вековых меридиональных и широтных разрезов, отдельных станций и полигонов. Это позволяет изучать фронтогенез и биогеохимические процессы в эстуариях, в так называемых пограничных контактных зонах, наиболее подверженных антропогенному воздействию и влиянию изменчивости гидрометеорологических факторов. При этом изучение термохалинной структуры вод Азовского, Черного и Каспийского морей выполняется с помощью STD-зондов (SBE-19).

Термохалинная структура вод Азово-Черноморского бассейна и Северного Каспия продолжает сохранять особенности (распресненность, повышенные температуры), сформировавшиеся в условиях развития за последние 15-20 лет западного типа макропроцессов и потепления климата.

В 2007 г. получены новые данные о пространственном распределении гидрофизических характеристик Азовского моря на основе выполнения 105 океанографических станций в весенний период (13-19 апреля), 134 станций в летний период (21-28 июля) и 85 станций в осенний (30 сентября – 6 октября).

В целом соленость вод Азовского моря в 2007 г. в среднем составляла около 10‰.

В апреле термохалинная структура вод на акватории российской части Азовского и Черного морей в основном формировалась под влиянием антициклонов с запада и с северо-запада, с кратковременным прохождением “ныряющих” северо-атлантических циклонов и их атмосферных фронтов, либо активизирующейся малоазиатской депрессии. В июле гидрометеорологические условия Азовского и Черного морей определялись преимущественно влиянием отрогов Азорского антициклона, распространявшихся с запада. По данным (Васильев и др., 2008) режим южных морей в октябре 2007 г. формировался в условиях, когда Азорский антициклон на своем обычном месте отсутствовал. Глубокая ложбина, связанная с исландским минимумом и распространявшаяся в центральную часть Атлантики как бы разделила антициклон на две части. Центр одной из них располагался в районе Бермудских островов, другой – в центре Европы. Необычайно обширным для октября был сибирский антициклон, распространявший свое влияние вплоть до востока Европейской России.

Вследствие сохранения повышенной повторяемости западной формы атмосферной циркуляции соленость вод Азовского моря в среднем составляет около 10 ‰. Весной (апрель) в Таганрогском заливе соленость изменялась от 0,5-1,0 ‰ в восточной части до 7-8 ‰ в западной. В собственно Азовском море на большей части акватории соленость находилась преимущественно в пределах 9-10,5 ‰, а в предпроливном районе в диапазоне 10-11 ‰ и выше. В придонном слое четко прослеживалась адвекция трансформированных черноморских вод с соленостью до 15-16 ‰. Вертикальные градиенты солености в районах адвекции черноморских вод достигали в среднем 0,5-0,7 ‰/м, а в слое галоклина

1,0-1,5 ‰/м. В июле соленость Азовского моря осталась примерно на том же уровне (10‰). При этом ареал распространения трансформированных черноморских вод в придонном слое сократился. В условиях преобладания антициклонального характера погоды и высокой температуры воздуха температура поверхностных вод Азовского моря летом (июль) была повышенной в (Ахтарском районе до 30,2°C, или на 1-2°C выше нормы). Осенью (октябрь) соленость Азовского моря несколько повысилась по сравнению с летним периодом (июль). В собственно море основная часть акватории была занята водами с соленостью 9,5-10,5 ‰ при локальных максимумах в отдельных районах (прикерченский, центральный и прикубанский) в 11-11,5 ‰. Температура воды находилась в пределах 17-19°C. Резко выраженные вертикальные градиенты температуры и солености воды не обнаружены. В юго-западной части Северного Каспия в зоне компенсационного потока более холодных и соленых придонных вод из Среднего Каспия на свале глубин, наоборот, в конце лета - начале осени отмечены выраженные термоклины и галоклины. Вертикальные градиенты температуры и солености воды в слое скачка достигали соответственно 2,8°C/м и 0,3-0,4 ‰/м. В поверхностном слое температура воды находилась в пределах 24-27°C, в придонном преимущественно в интервале 24-26°C и лишь на свале глубин падала до 13,5°C. Соленость находилась соответственно в диапазоне 1-10 ‰ и 1-11 ‰ (рис. 5-7)

Новые данные получены и о пространственном распределении термохалинных характеристик вод Черного моря. В весенний период выполнено зондирование на 48 станциях. Работы выполнялись до глубины 200 м. В летний период глубина опускания зонда была увеличена до 500 м. Работы выполнены на 67 станциях.

В апреле не было отмечено четко выраженных термо- и галоклинов, температура от поверхности плавно снижалась до глубины около 115 м от 9,6° до 7,6°C, далее начинала медленно возрастать, достигая в нижней точке измерений 8,0°C. При продвижении на юго-восток граница перехода через отметку температуры 7,6°C повысилась до глубины 95 м, в нижней точке измерений на глубине 200 м возросла до 8,6°C (рис. 8).

В отличие от весны в июле отмечены четко выраженные термоклины. На глубоководных станциях установлен слой скачка температуры, верхняя граница которого, находилась на глубинах 10-12 м, а нижняя - 23-25 м. Перепад температур в этом слое составлял 13-14°C (рис. 8). В отличие от глубоководных станций на прибрежных станциях термоклины были или не столь существенно выражены, или имели так же перепад 10-11°C на глубинах от 5 до 35 м (рис. 8). Выявлены также и галоклины. Они представлены локальными перепадами солености на глубине 6-7 или 10-11 метров (рис. 8).

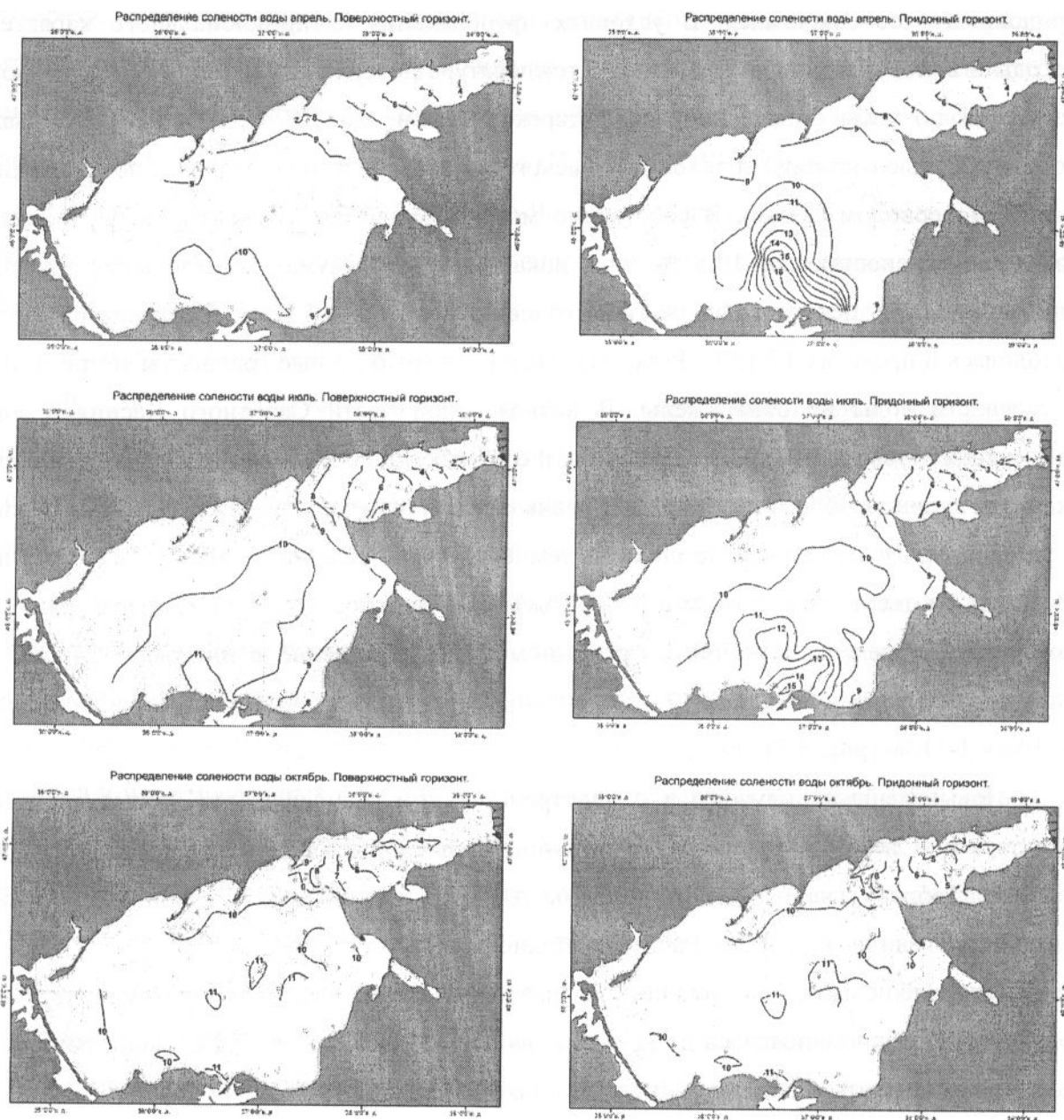


Рис. 5. Распределение солёности воды (‰) в Азовском море в апреле, июле, октябре 2007 г. в поверхностном и придонном слоях по данным измерений СТД-зонда SBE-19

При рассмотрении солёности (по Филиппову, 1991) можно выделить следующие водные массы (рис. 8):

- мелководная (прибрежная) черноморская водная масса (МЧВН) $S < 17\text{‰}$;
- верхняя черноморская водная масса (ВЧВМ) $17\text{‰} \leq S < 18,6\text{‰}$;
- холодный промежуточный слой (ХПС) $18,6\text{‰} < S \leq 20\text{‰}$;
- промежуточная черноморская водная масса (ПЧВМ) $20\text{‰} < S \leq 22,2\text{‰}$;

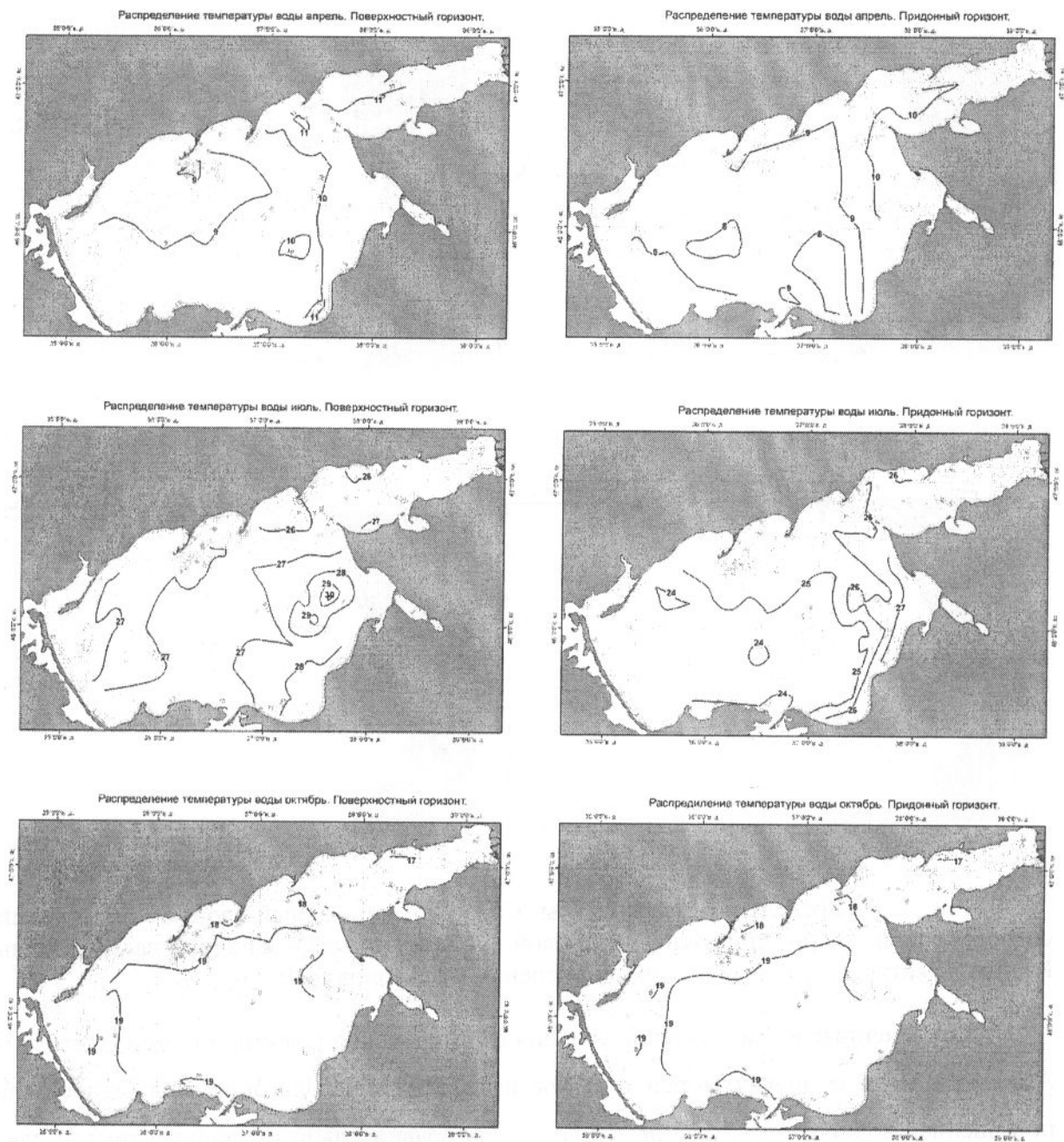
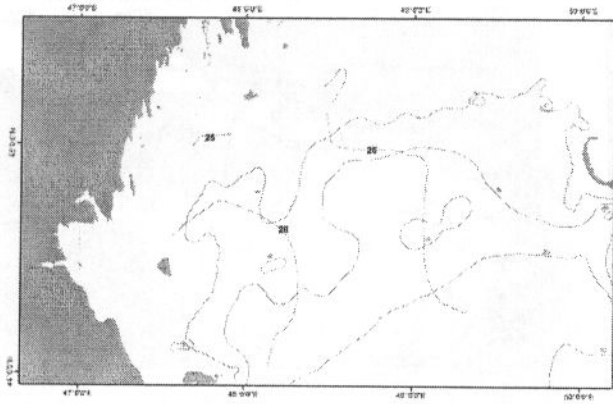


Рис. 6. Распределение температуры воды ($^{\circ}\text{C}$) в Азовском море в апреле, июле, октябре 2007 г. в поверхностном и придонном слоях по данным измерений СТД-зонда SBE-19.

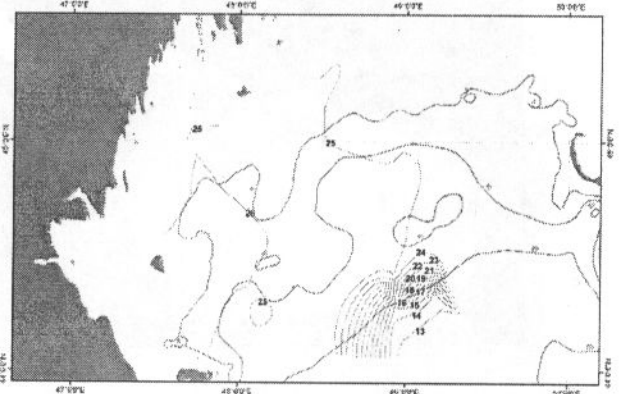
Заключение

В целом, смена характера климатообразующих процессов с восточного типа на западный способствовала повышению стока рек, росту пресных балансов, распреснению и подъёму уровней Азовского, Чёрного и Каспийского морей. Резко выраженная ветровая депрессия и потепление вод привели к уменьшению степени турбулентного перемешивания, росту вертикальной устойчивости вод и первичного продуцирования, ухудшению кислородного режима и другим следствиям.

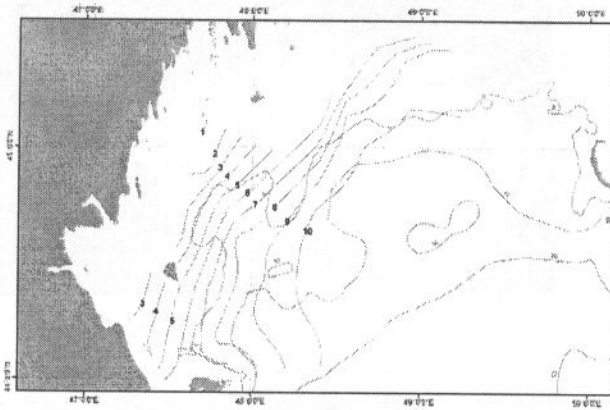
а)



б)



в)



г)

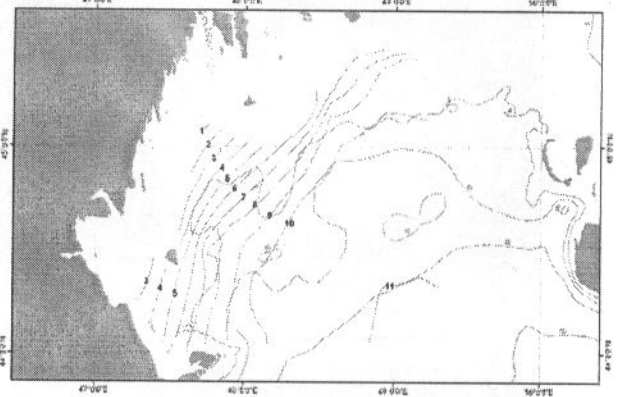


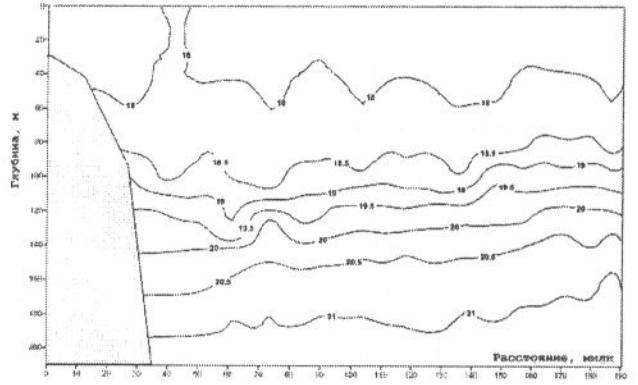
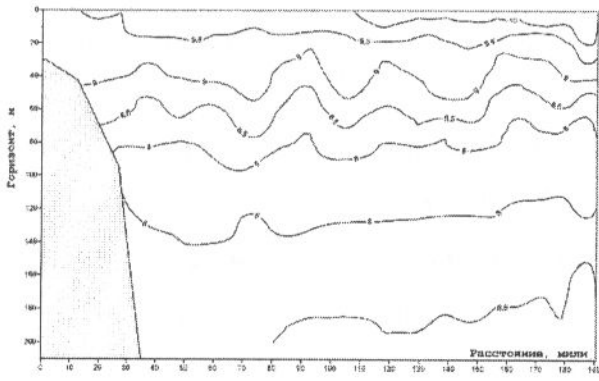
Рис. 7. Распределение температуры °С (а – поверхностный слой, б – придонный) и солёности воды ‰ (в – поверхностный слой, г – придонный) в западной части Северного Каспия в сентябре 2007 г. по данным измерений СТД-зонда SBE-19

Современные климатические условия формирования режима и биопродуктивности Азовского моря и других морей юга России в основном благоприятны (относительно повышенная водность рек, распреснение морей, сравнительно «холодные зимы») для их экосистем. К неблагоприятным климатообусловленным факторам можно отнести резко выраженную ветровую депрессию и с некоторой долей неопределённости потепление вод в целом и, особенно, в летнее время, которые способствовали ухудшению кислородного режима. К негативным относится рост зимнего стока рек и сокращение весеннего, имеющего наиболее важное значение для воспроизводства рыбных запасов.

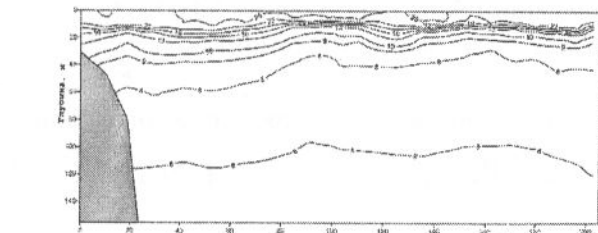
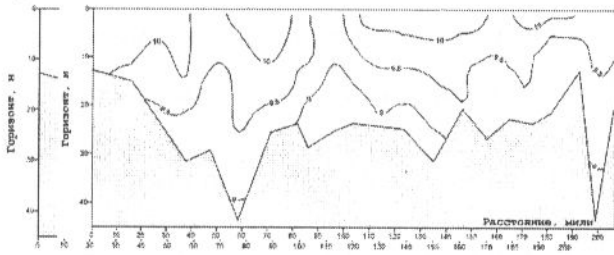
Термохалинная структура вод Азовского, Черного и Каспийского морей в 2007 г. в целом сохранила черты, сложившиеся в условиях доминирования в последние десятилетия западной формы АЦ.

Весна

а)

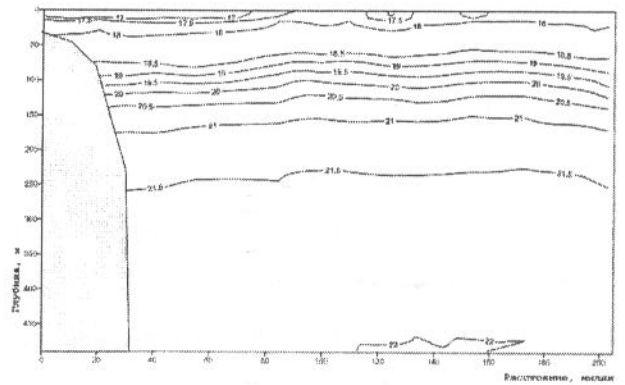


б)



Лето

а)



б)

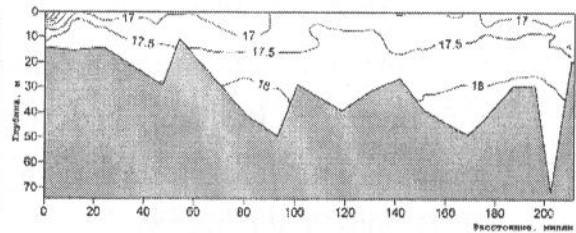
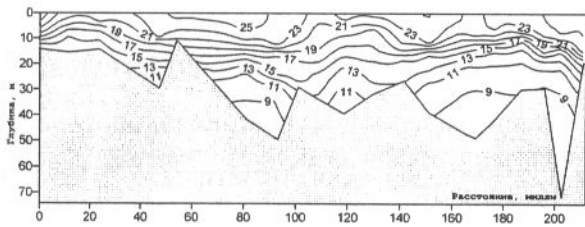


Рис. 8. Профили распределения солёности и температуры (а – глубоководная 12-мильная зона от берега, б – прибрежный профиль 1-2 мили от берега) в Черном море весной (06-19.04) и летом (10-28.07) 2007 г. от г. Адлера до г. Анапы.

Литература

- Белов А.А. Сравнительный анализ гидрохимической структуры Каспийского моря в 30-е годы и в современный период // Вопросы промысловой океанологии. 2004. Вып. 1. С. 84-96.
- Вангенгейм Г.Я. К вопросу о типизации и схематизации синоптических процессов// Метеорология и гидрология. 1938. № 3 С. 38-58.
- Васильев Е.В., Лукьянов В.И., Найшуллер М.Г. Аномальные гидрометеорологические явления на территории Российской Федерации в октябре 2007 г. // Метеорология и гидрология, 2008. №1. С. 116-123.
- Гаргопа Ю.М. Изменения стока рек бассейна Азовского моря и океанографических условий формирования его биопродуктивности под влиянием климатических и антропогенных факторов // Закономерности океанографических и биологических процессов в Азовском море. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН. 2000. С.10-81.
- Гаргопа Ю.М. Закономерности многолетней динамики океанографических процессов и компонентов биоты Азовского моря // Среда, биота и моделирование экологических процессов в Азовском море. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН. 2001. С.44-71.
- Гаргопа Ю.М. Современное распределение Азовского моря и его связь с многолетними колебаниями атмосферной циркуляции. // Вод. ресурсы. 2002. Т.29. №6. С.747-754.
- Гаргопа Ю.М. Крупномасштабные изменения гидрометеорологических условий формирования биопродуктивности Азовского моря. Автореф. Дис....докт. геогр. Наук. Мурманск. 2003. 47 с.
- Гаргопа Ю.М. Крупномасштабные колебания в системе Азовского моря//Матишов Г.Г., Абраменко М.И., Гаргопа Ю.М., Буфетова М.В. Новейшие экологические феномены в Азовском море (вторая половина XX века). Апатиты: Изд-во КНЦ РАН. 2003. Т.V.С.14-220.
- Гаргопа Ю.М. Современные аномалии гидрометеорологических процессов в Азовском море// Вопросы промысловой океанологии. Вып.1. М.: Изд.-во ВНИРО, 2004. С.59-68.
- Гаргопа Ю.М. Сопряженность изменений гидрометеорологических условий формирования биопродуктивности южных морей с колебаниями атмосферной циркуляции.//Вопросы промысловой океанологии. Вып. 2.М.: Изд.-во ВНИРО,2005.С.135-151.

- Гаргопа Ю.М. Современное состояние и тенденции изменения гидрометеорологических условий формирования биопродуктивности Азовского моря. // Вопросы промысловой океанологии. Вып. 3. Изд-во ВНИРО М.: 2006. С 216-240.
- Гаргопа Ю.М. Гидрологические процессы в бассейне Азовского моря, их связь с климатообразующими и антропогенными факторами. // Матишов Г.Г., Гаргопа Ю.М., Бердников С.В., Дженюк С.Л. Закономерности экосистемных процессов в Азовском море. ЮНЦ РАН.-М.:Наука, 2006. С. 10-136.
- Гаргопа Ю.М. Связь изменений планктонных и донных сообществ Азовского моря с колебаниями атмосферной циркуляции // Вопросы промысловой океанологии. Том 4. Вып. 1. М.: Изд-во ВНИРО. 2007. С. 63-80.
- Гаргопа Ю.М. Связь крупномасштабных изменений среды и биоты южных морей с нестабильностью вращения Земли // Вопросы промысловой океанологии. Том 4. Вып. 2. М.: Изд-во ВНИРО. 2007. С. 86-97.
- Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР СПб.: Гидрометеиздат 1991 Т. 4. Вып. 1. С. 430.; Т. 5. 237 с.; 1992. Т.6. Вып. 1. С. 360.; 1996 Т. 6. Вып. 2. 324 с.
- Гирс А.А. Многолетние колебания атмосферной циркуляции и долгосрочные гидрометеорологические прогнозы. Л.: Гидрометеиздат, 1971. 230 с.
- Гирс А.А. Макроциркуляционный метод долгосрочных метеорологических прогнозов. Л.: Гидрометеиздат, 1974. 488 с.
- Катунин Д.Н., Егоров С.Н., Хрипунов И.,А., и др. Основные черты гидролого-гидрохимического режима течения р. Волги и Каспийского моря в 2005 г. // Вопросы промысловой океанологии. 2006. Вып. 3. С. 34-39.
- Кондратович К.В. Антропогенные, геофизические и космические факторы изменения циркуляционных эпох и уровня Каспия // Водные ресурсы. 1994. Т.21. № 6. С. 623-630.
- Котляков В.М., Мандыч А.Ф. Экологические проблемы и современные тенденции изменения черноморского региона // Изв. АН. Сер. геогр. 1997. №4. С. 19-36.
- Лапко С.С., Рева Ю.А. Сравнительный анализ долгопериодной изменчивости уровня Черного и Каспийского морей // Метеорология и гидрология. 1997. № 12. С. 63-75.
- Левашова Е.А., Михайлов В.Н., Михайлова Н.В., Морозов В.Н. Естественные и антропогенные изменения стока воды и наносов в устье Дуная // Водные ресурсы. 2004. Т. 31. №3. С. 261-272.
- Матишов Г.Г., Абраменко М.И., Гаргопа Ю.М., Буфетова М.В. Новейшие экологические феномены в Азовском море (вторая половина 20 века). Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2003. Т. 5. 441 с.

- Матишов Г.Г., Гаргопа Ю.М., Бердников С.В., Дженюк С.Л. Закономерности экосистемных процессов в Азовском море. М.: Наука, 2006. 304 с.
- Мещерская А.В., Баранова А.А. Изменения режима скоростей ветра на территории России во второй половине XX века. Тез. стенд. докл. межд. конф. По проблемам гидрометеорологической безопасности (прогнозирование и адаптация общества к экстремальным климатическим изменениям) 26-29 сентября 2006 г. Москва. Россия. С. 49.
- Михайлов В.Н., Повалишникова Е.С., Иванов А.А. Многолетние изменения уровней воды в дельте реки Кубани // Водные ресурсы. 2002. Т. 29. № 2. С. 133-140.
- Михайлов В.Н., Морозов В.Н., Черой Н.И., Михайлова М.В., Завьялова Е.Ф. Экстремальное половодье на Дунае в 2006 г. // Метеорология и гидрохимия. 2008. №1. С. 80-89.
- Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна: сборник научных трудов (2004-2005 гг.) // Ростов-на-Дону: «Медиа Пресс», 2006, - 596 с.
- Сидоренков Н.С. Физика неустойчивостей вращения Земли. М.: Наука, 2002. 348 с.
- Тужилкин В.С., Косарев А.Н. Многолетняя изменчивость вертикальной термохалинной структуры вод глубоководных частей Каспийского моря // Водные ресурсы. 2004. Том. 31, №4. С. 414-421.
- Emil V. Stanev, Elissaveta L. Peneva Regional sea level response to Global climatic change: Black sea examples. / Global and Planetary Changes 32. 2002. С. 33-47.