

Связь изменений планктонных и донных сообществ Азовского моря с колебаниями планетарной атмосферной циркуляции

Ю.М. Гаргопа

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

Несмотря на антропогенные воздействия, 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 (С) типа макропроцессов неоднозначно. В современный период усиление повторяемости макропроцессов С 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 С 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 С понижается.

Введение. В предшествующих выпусках (Гаргопа, 2004; 2005; 2006) и иных публикациях (Гаргопа, 2000-2006) нами рассматривались вопросы, связанные с оценкой сопряженности изменений состояния экосистем южных морей с колебаниями атмосферной циркуляции в условиях антропогенного воздействия.

Для понимания генезиса связей в системе атмосфера-биосфера считаем целесообразным кратко изложить результаты, полученные ранее в отношении сопряженности колебаний главным образом режимных характеристик южных морей с изменениями планетарной атмосферной циркуляции.

Установлено, что несмотря на рост антропогенного воздействия 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 популяций рыб (и их динамику) 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 (С) менее определено. При типах W и С приток речных вод, пресный баланс Азовского моря и его уровень растут, соленость уменьшается, при 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 C аналогично воздействию формы W, но выражено слабее. Как и у солёности Азовского моря, изменения знаков аномалий различных типов макропроцессов опережают последующие изменения знаков в колебаниях уровня и солёности 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.

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 ЮК через возмущение циркуляции атмосферы в атлантико-европейском секторе (элементы водного баланса и др.) на солёность вод южных морей в анализируемый и предшествующие 3–7 лет и более. Примерами последствий 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).

Пространственно-временным колебаниям речного стока, метеозападов, 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 макропроцессы W и E, имеющие 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 C - 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, солёность,

термический, ветровой и кислородный режимы, первичное продуцирование органического вещества и др.).

Со второй половины 70-х годов XX в. южным морям 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 соленостей для последних 50-55 лет характерны 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 гг. с вероятной стабилизацией в дальнейшем.

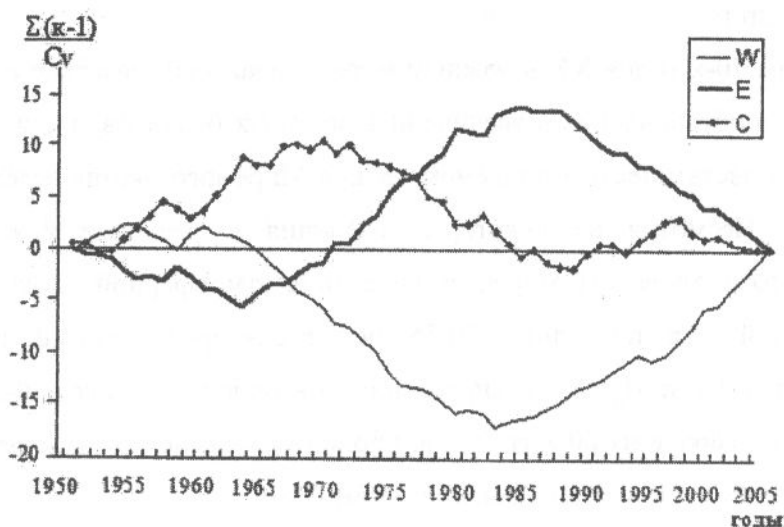
Современное распреснение Азовского моря до 9,5-10‰, подъем уровня Каспия на 2,5 м и распреснение до 6-8 ‰ его северной части, а также понижение солености глубоководных среднего и южного районов, улучшение термохалинной структуры Черного моря и ряд других общих для южных морей климатообусловленных аномалий (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 года 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).

Материалы и методы исследований. В рамках указанных ранее работ выполнялась и оценка влияния характера АЦ на динамику популяций различных видов рыб (осетровые, судак, лещ, рыбец, шемая, хамса) на примере Азовского моря. В предлагаемой работе подобные оценки выполнены в отношении первичной продукции органического вещества, планктонных и донных сообществ. Применялись практически те же материалы и методические подходы, что и ранее (Гаргопа, 2004, 2005, 2006). В качестве характеристики интенсивности АЦ в северном полушарии как и в предшествующих работах, использована типизация синоптических процессов Г.Я. Вангенгейма, представленная в виде западной (W), северной (C) и восточной (E) форм (Вангенгейм, 1938; Гирс, 1971;1974). Для южного полушария взят индекс SOI, отражающий явления Эль-Ниньо – Южное колебание (ЭНЮК) (Сидоренков, 2002).

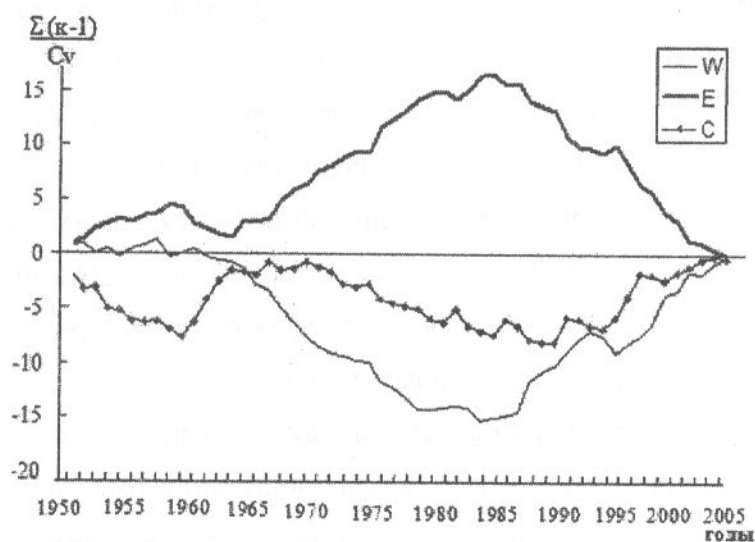
В качестве биологических показателей использованы опубликованные материалы АЗНИИРХ, а также ММБИ КНЦ РАН и ЮНЦ РАН.

Рассматривались преимущественно три периода, отличающиеся характером климатических изменений и антропогенных воздействий: 1952-2005; 1952-1986 и 1987-2005 гг.

a)



б)



в)

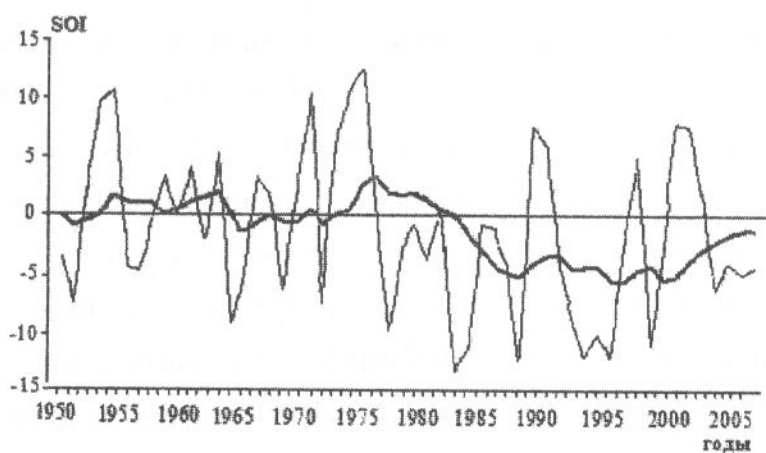


Рис. 1. Нормированные разностные интегральные кривые модульных коэффициентов годовой (а) и зимней (б) повторяемости форм атмосферной циркуляции в северном полушарии, среднегодовые (—), средние за рассматриваемый и 9 предшествующих лет (—) величины индекса SOI (в) в южном полушарии в 1952-2005 гг.

Оказалось, что климатообразующие процессы остаются ключевым фактором формирования не только режима Азовского моря (а так же Каспийского и Черного), но и его планктонных и донных сообществ.

Первичная продукция органического вещества и планктон. В качестве исходных данных использованы опубликованные (Гидрометеорология и гидрохимия...,1991; Гребневик..., 2000; Студеникина и др., 1999; Основные направления..., 2006) материалы по ППОВ, фито- и зоопланктону за 1952-2005 гг.

Результаты статистического анализа сводятся к следующему.

ППОВ. Эффект опосредованного воздействия АЦ на ППОВ Азовского моря положителен для годовых сумм дней с типами W ($r=0,63$) и С ($r=0,28$) и отрицателен для восточной формы АЦ ($r=-0,50$). В то же время в период с начала 1950-х гг. до второй половины 1980-х максимум корреляции для форм W и E приходится на суммы дней за рассматриваемый год и 2-4 предшествующих (соответственно $r=0,43...0,56$ и $r=-0,48$). Для формы С максимальный эффект косвенного влияния на ППОВ сохраняется за частотой появления подобного типа макропроцессов в рассматриваемый год ($r=0,36$). Для последующих 19 лет (1987-2005 гг.) характер связей сохраняется, но степень их лишь приближается к статистически значимой.

В многолетних колебаниях ППОВ выделяется период понижения ее значений до 1987 г. включительно и период повышенных примерно в полтора раза величин в дальнейшем. Для всего зарегулированного периода установлен тренд роста ППОВ (14 млн. т или 53%) в значительной мере обусловленный сменой характера АЦ (с E на W), увеличением стока рек (особенно р. Кубань), резко выраженной с 1988 г. ветровой депрессией, потеплением и распреснением вод Азовского моря. (рис. 2)

Фитопланктон и зоопланктон. Влияние формы E через другие гидрометеорологические факторы (речной сток, температура и динамика вод, соленость и др.) на биомассу фитопланктона в Таганрогском заливе и собственно море в период с начала 1950-х до середины 1980-х гг. отрицательно ($r=-0,44...-0,60$) с максимумом корреляции для суммы дней за рассматриваемый год и 3-5 предшествующих. Воздействие форм W и в меньшей степени С на биомассу фитопланктона в Азовском море, наоборот, положительно ($r=0,35...0,59$) с максимумом корреляции соответственно для суммы дней с типом W макропроцессов за рассматриваемый год и 5-6 предшествующих и для суммы дней с типом С за рассматриваемый год и 1-3 предшествующих. При этом корреляция биомассы фитопланктона как Таганрогского залива так и собственно моря с числом дней с типом С за холодный период рассматриваемого года статистически значима ($r=0,47$ и $r=0,40$). Следует отметить и статистически значимую корреляцию биомассы фитопланктона с годовой повторяемостью формы W ($r=0,48$).

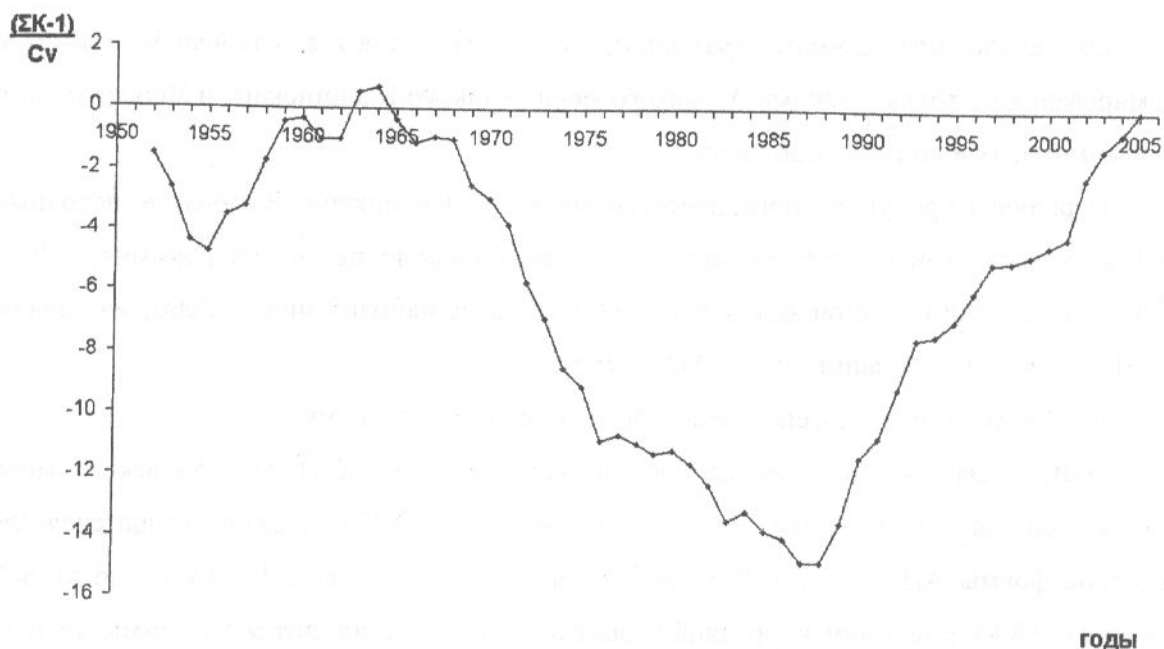


Рис. 2. Нормированные разностные интегральные кривые модульных коэффициентов первичной продукции органического вещества Азовского моря в 1952-2005 гг.

Статистическая связь биомассы зоопланктона Азовского моря (главным образом Таганрогского залива) положительна с годовой повторяемостью и частотой появления в холодный период форм W и W+C (соответственно $r=0,53...0,60$ и $r=0,58...0,68$). При этом максимум корреляции в первом случае приходится на сумму дней с типом W за рассматриваемый год и 2-4 предшествующих, во-втором случае на сумму дней с комбинированной формой W+C за рассматриваемый и 1-2 предшествующих. Влияние типа С также положительно и максимально для суммы дней за рассматриваемый и предшествующий годы ($r=0,42...0,50$). Восточный тип АЦ, наоборот, оказывает отрицательное влияние на биомассу зоопланктона в Таганрогском заливе ($r=-0,58...-0,69$) с максимумом корреляции для суммы дней за рассматриваемый и предшествующий годы. Влияние характера АЦ рассматриваемого года на биомассу зоопланктона Таганрогского залива также статистически значимо, составляя для формы W, W+C, С и Е соответственно $r=0,36; 0,31...0,47; 0,20...0,39$ и $-0,31...-0,48$. Эффект же опосредованного воздействия указанных типов АЦ рассматриваемого года на биомассу зоопланктона собственно Азовского моря в основном статистически не значимо.

Таким образом, в период с начала 1950-х до середины 1980-х гг. биомасса фитопланктона Азовского моря, как и ППОВ, возрастает в Азовском море в периоды развития западной и в меньшей степени северной форм АЦ. В годы доминирования восточного типа макропроцессов ППОВ и биомасса фитопланктона в Азовском море понижаются. Подобные закономерности характерны и для биомассы зоопланктона, но, главным образом, в Таганрогском заливе.

Отклик биомассы фитопланктона и зоопланктона в современный период (1987-2005 гг.) на опосредованное влияние форм С и Е несколько отличается по характеру и степени воздействия на планктонные сообщества Азовского моря в 1950-1986 гг.

Развитие в годовом отношении западной формы АЦ в рассматриваемый и предшествующие 1-3 года способствует повышению биомассы фитопланктона в Таганрогском заливе ($r=0,31\dots 0,44$) и особенно в собственно Азовском море ($r=0,55\dots 0,65$). В значительно меньшей степени увеличение частоты появления формы W в рассматриваемый и 1-2 предшествующих года благоприятствует несущественному росту биомассы зоопланктона в собственно море ($r=0,18\dots 0,31$) и Таганрогском заливе ($r=0,30\dots 0,39$). Усиление повторяемости северного типа макропроцессов в рассматриваемый и 1-3 предшествующих года формирует гидрометеорологические условия, способствующие, наоборот, понижению биомассы зоопланктона в Таганрогском заливе ($r=-0,45$), а также биомассы фитопланктона в собственно море ($r=-0,54\dots -0,56$) и в меньшей степени в Таганрогском заливе ($r=-0,36\dots -0,45$). Что касается опосредованного влияния на изменчивость биомассы зоопланктона и фитопланктона колебаний повторяемости восточного типа макропроцессов, то статистически оно выражено слабее, чем влияние форм W и С. Можно лишь отметить в случаях развития макропроцессов Е в рассматриваемый и 2-3 предшествующих года несущественное статистически не значимое понижение биомассы зоопланктона ($r=-0,31$) и фитопланктона ($r=-0,21$) в собственно Азовском море. Для биомассы фитопланктона Азовского моря в период с конца 1960-х гг. до конца XX в.в. характерны пониженные значения. В последние годы прослеживается рост биомассы фитопланктона в Азовском море (рис. 3а). Пониженные величины биомассы зоопланктона в Таганрогском заливе и собственно Азовском море наблюдаются, соответственно, со второй половины 1960-х, начала 1980-х гг., но особенно с конца первой половины 1980-х гг. (рис.3б).

Гребневик *Mnemiopsis leidyi*. Важным представляется оценка климатических аспектов межгодовых (1989-2005 гг.) колебаний его биомассы. Антропогенные причины появления мнемипсиса в 1980-х гг. в Черном (1982) и Азовском (1988) морях, а в конце 1990-х (1999) и в Каспийском, общеизвестны.

В то же время заслуживает внимания факт совпадения его проникновения и развития в Азовском море со сменой макроциркуляционных эпох (тип Е на W) и последующими аномалиями гидрометеорологического режима.

Выяснилось, что биомасса *Mnemiopsis leidyi* имеет слабую статистически не значимую тенденцию к возрастанию в случае развития зимой рассматриваемого года восточного типа АЦ ($r=0,20$). Более выражена эта тенденция в случаях, когда указанная форма доминирует в весеннее ($r=0,45$) и летнее ($r=0,52$) время анализируемого года.

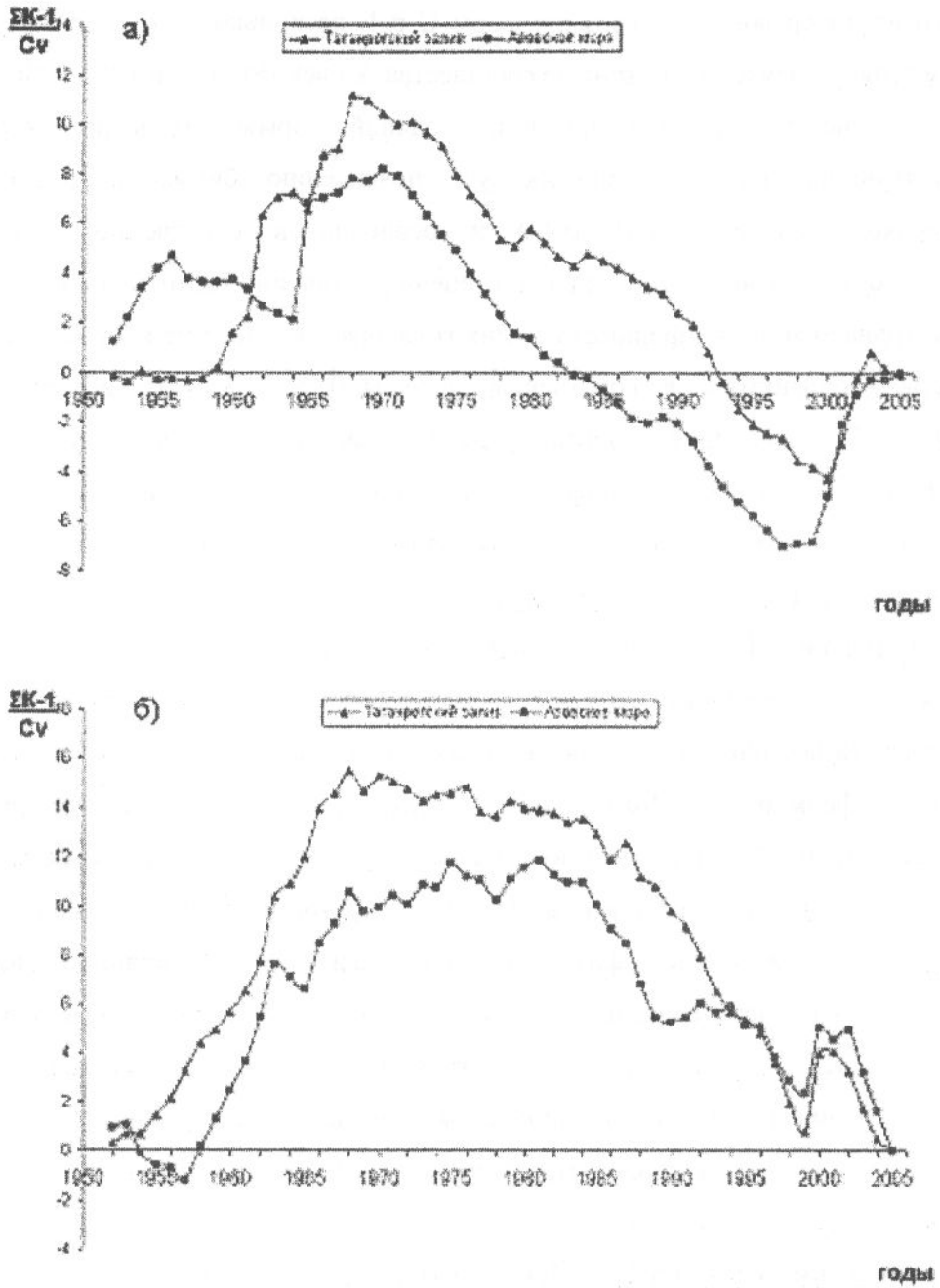


Рис. 3. Нормированные разностные интегральные кривые модульных коэффициентов среднегодовых биомасс фитопланктона (а) и зоопланктона (б) в Азовском море в 1952-2005 гг.

Однако увеличение частоты появления макропроцессов Е в осеннее время, наоборот, способствует уменьшению биомассы гребневика ($r=-0,51$). Слабая тенденция ее понижения прослеживается в случае развития в весеннее и летнее время форм W и С ($r=-0,29...-0,35$). Более существенна она ($r=-0,43$) в случае роста повторяемости северного типа макропроцессов в холодное время года.

При сравнении многолетней изменчивости годовой биомассы *Mnemiopsis leidyi* в Азовском море с аналогичными колебаниями индекса SOI (ЭНЮК), а также весенним его показателем в период с 1989 по 2005 гг., выявлена уступающая статистически значимой положительная корреляция ($r=0,21\dots 0,26$). Несколько выше ($r=0,44$) она для зимних величин SOI. Следовательно, в случаях, близких к формированию в южных тропических широтах холодной фазы (либо слабо выраженной теплой) ЮК (Ла-Нинья), а также развития в северном полушарии формы E, в умеренных широтах создаются гидрометеорологические условия, способствующие росту в Азовском море биомассы *Mnemiopsis leidyi*. В случаях же формирования выраженной теплой фазы ЮК (Эль-Ниньо) и роста частоты появления в северном полушарии макропроцессов W и C, наоборот, прослеживается понижение биомассы мнемипсиса. Однако статистически эти тенденции выражены недостаточно четко.

В целом с конца 1980-х – начала 1990-х гг. наблюдается тенденция к понижению сырой массы гребневика *Mnemiopsis leidyi* в Азовском море на 5,9 млн.т. или 24% (рис. 4).

В решающей степени это связывают с выеданием мнемипсиса другим гребневиком *Beroe ovata*. Однако появился он в Азовском море в 1999 г. Но в первые четыре года берое единично встречался на небольших участках в одном двух районах моря. В 2003 г. его отмечали повсеместно, а в 2005 г. он образовал обширный устойчивый ареал (Основные проблемы..., 2006). Поэтому у нас есть основания полагать, что снижение биомассы мнемипсиса связано с преобладанием в эти годы явления Эль-Ниньо, некоторым ростом повторяемости в весенне-летнее время формы W+C, в холодный период типа C и уменьшением частоты появления в эти сезоны и, наоборот, увеличением осенью макропроцессов типа E (рис. 1, 4).

Сравнение многолетних (1989-2005 гг.) колебаний биомассы гребневика *Mnemiopsis leidyi* с аналогичными изменениями выедаемой им биомассы зоопланктона (Гребневик..., 2000), а также с колебаниями биомассы фитопланктона и зообентоса, показало отсутствие статистических связей. Лишь для Таганрогского залива можно отметить слабо выраженные корреляции противоположного знака биомассы гребневика с биомассами фитопланктона ($r=-0,30$) и зообентоса ($r=0,38$). Между среднегодовыми биомассами гребневика и зоопланктона в Азовском море корреляция близка к нулю ($r=-0,04\dots -0,06$). Уменьшение биомассы зоопланктона при росте биомассы мнемипсиса наблюдалось в 1989, 1999, 2004 гг., а увеличение биомассы зоопланктона при уменьшении биомассы гребневика в 1990, 1992, 1996 и 2000 гг. В остальные 10 лет (59%) многолетние изменения биомасс зоопланктона и гребневика *Mnemiopsis leidyi* были синхронными (рис. 3-5).

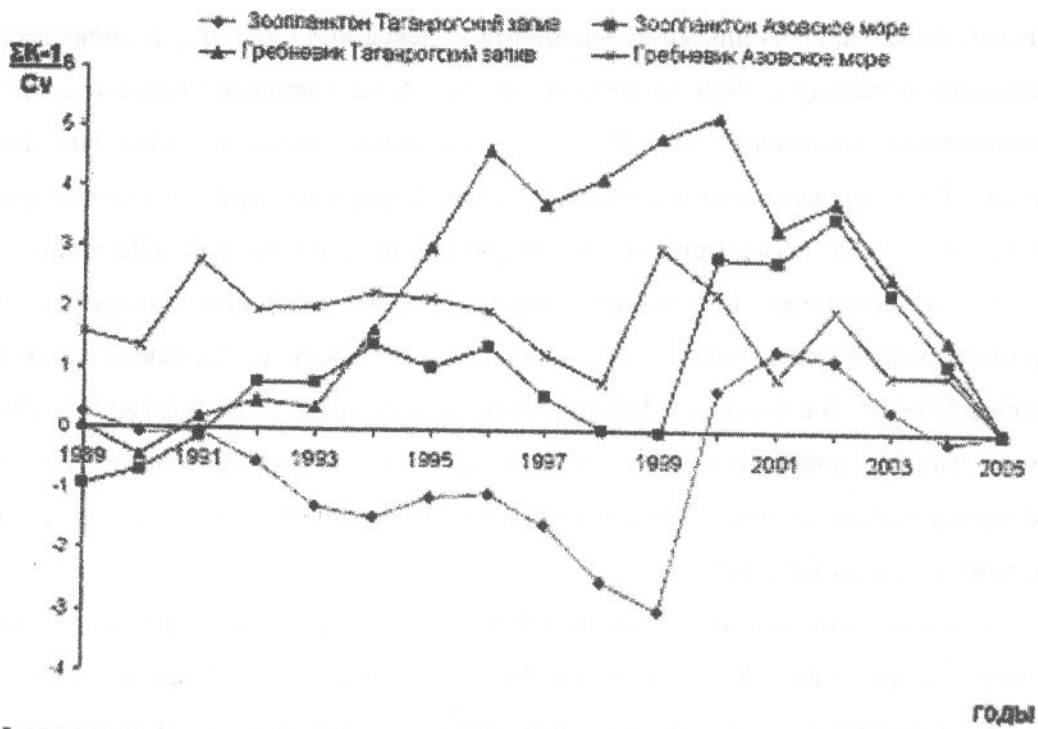


Рис. 4. Нормированные разностные интегральные кривые модульных коэффициентов среднегодовой биомасс зоопланктона и гребневика *Mnemiopsis leidyi* в Азовском море в 1989-2005 гг.

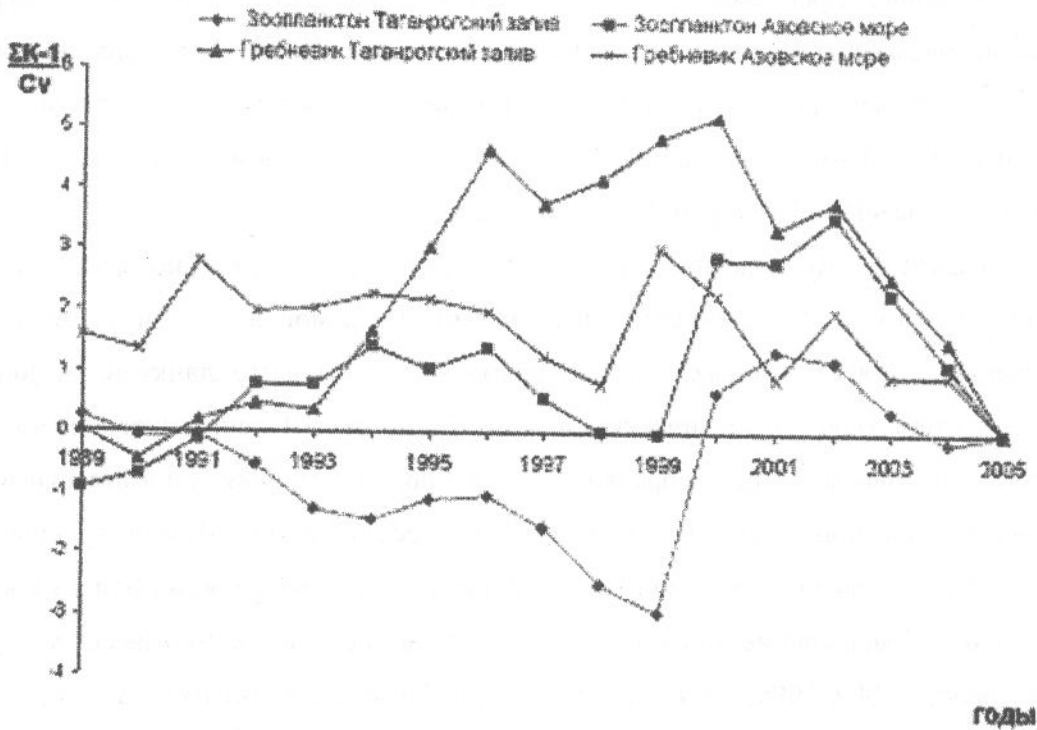


Рис. 5. Нормированные разностные интегрированные кривые модульных коэффициентов среднегодовой биомассы зообентоса в Азовском море в 1952-2005 гг.

Донная фауна. Следует отметить, что первый этап по оценке структурных связей изменений биомассы зообентоса Азовского моря с формами АЦ северного полушария представлен в предшествующем выпуске (Сарвилина, 2006). Предлагаемые ниже результаты являются их уточнением на основе использования более длительных рядов наблюдений, взятых, главным образом, из (Гидрометеорология..., 1991; Гребневик..., 2000; Фроленко, 2000; 2001; 2006; Фроленко, Студеникина, 2002; Студеникина и др., 1999; 2002; 2006; Студеникина, 2006). В наибольшей степени уточнение коснулось различных видов моллюсков собственно Азовского моря. Дополнительно впервые выполнен и соответствующий анализ для основных видов моллюсков Таганрогского залива. Наконец помимо типизации Г.Я. Вангенгейма впервые использован индекс SOI, характеризующий интенсивность и характер ЮК.

При анализе причин многолетней изменчивости среднегодовой общей биомассы зообентоса в собственно Азовском море и Таганрогском заливе (рис. 5) использовались три основных периода (1950 (1958)-1986, 1987-2005, 1950(1958)-2005 гг.) с упором на современный. Общие биомассы основных групп зообентоса и основных видов моллюсков представлены, соответственно, 1987-2005 и 1991-2005 гг.

Связь зообентоса с изменениями АЦ северного полушария. В итоге для первого периода подтверждено снижение биомассы зообентоса Таганрогского залива в случае развития в рассматриваемый и предшествующие (от 1 до 5 лет) годы форм W, C и W+C ($r=-0,48...-0,69$) и, наоборот, повышения в случае роста частоты появления восточного типа макропроцессов ($r=0,65$).

Для современного периода (1987-2005 гг.) установлено, что развитие западной формы АЦ так же как и для периода с начала 1950-х до середины 1980-х гг. способствует некоторому понижению биомассы зообентоса как в собственно море ($r=-0,39$), так и в Таганрогском заливе ($r=-0,51$).

При северном типе макропроцессов в отличие от предшествующего периода биомасса зообентоса в Азовском море несколько возрастает ($r=0,38...0,45$). Опосредованное влияние восточной формы АЦ на изменение общей биомассы зообентоса статистически не значимо.

Оценка влияния основных форм АЦ на отдельные группы зообентоса Азовского моря для 1987-2005 гг. показала, что при развитии в рассматриваемый и предшествующие 1-3 года типа W биомасса ракообразных в собственно море несколько возрастает ($r=0,35...0,47$), а биомасса моллюсков в Азовском море уменьшается ($r=-0,43...-0,52$). Развитие северного типа АЦ в рассматриваемый и предшествующие 1-4 годы способствует некоторому росту биомассы червей ($r=0,36...0,38$) и моллюсков ($r=0,41...0,46$) в Азовском море. Влияние восточной формы АЦ выражено менее

определенно. Можно лишь отметить отрицательную корреляцию биомассы ракообразных Азовского моря с годовой повторяемостью и частотой появления ее (формы E) в холодное время рассматриваемого и 1-5 предшествующих лет ($r=-0,46$), а также понижение биомассы червей Таганрогского залива в подобных макросиноптических условиях ($r=-0,35\dots-0,46$).

Влияние различных форм АЦ на биомассу основных видов моллюсков собственно Азовского моря и Таганрогского залива в современный период противоречиво, неоднозначно по характеру и неодинаково по степени.

Тем не менее можно отметить, что в собственно море биомассы *Mytilaster lineatus*, а также *Gerastoderma lamarcki* возрастают ($r=0,47\dots0,58$) при развитии в рассматриваемый и предшествующие годы формы W, а биомассы всех моллюсков и двухстворчатых, в том числе *Abra ovata*, и особенно *Mytillus galloprovincialis* уменьшаются (соответственно $r=-0,52\dots-0,53$; $r=-0,42\dots-0,49$; $r=-0,51\dots-0,70$ и $r=-0,61\dots-0,90$). Общая биомасса всех моллюсков и двухстворчатых увеличивается ($r=0,40\dots0,44$), главным образом, за счет *Mytillus galloprovincialis* ($r=0,74$), *Mya arenaria* ($r=0,73$) и в меньшей степени *Abra ovata* ($r=0,43$) в случаях доминирования в рассматриваемый и предшествующие годы северного типа макропроцессов, а биомассы *Gerastoderma lamarcki* и *Mytilaster lineatus* уменьшаются (соответственно $r=-0,48$ и $r=-0,55$). Восточная же форма АЦ в случаях развития в рассматриваемый год и предшествующие 1-6 лет способствует некоторому повышению ($r=0,32\dots0,45$) биомассы большинства основных видов моллюсков (*Abra ovata*, *Mya arenaria*, *Mytilaster lineatus*, *Cunearca cornea*), особенно *Mytillus galloprovincialis* ($r=0,79$). Исключение составляет *Gerastoderma lamarcki* и в меньшей степени брюхоногие моллюски, биомасса которых в подобных макросиноптических условиях уменьшается (соответственно $r=-0,51$ и $r=-0,41$). Развитие восточного типа макропроцессов в холодное время года создает гидрометеорологические условия для повышения биомассы *Mytillus galloprovincialis* ($r=0,73$), *Mya arenaria* ($r=0,54$) и незначительному понижению биомассы *Mytilaster lineatus* ($r=-0,50$) и *Gerastoderma lamarcki* ($r=-0,49$).

Следует отметить неблагоприятное влияние развития в рассматриваемом году формы W на биомассу в собственно море *Mya arenaria* ($r=-0,52$), благоприятное влияние типа E на биомассу *Mytilaster lineatus* ($r=0,43$) и положительное воздействие типа C ($r=0,65$) на биомассу *Mytillus galloprovincialis*.

В Таганрогском заливе в условиях развития формы W в рассматриваемом и предшествующих 2-3 годах, как и в собственно море, понижается общая биомасса моллюсков ($r=-0,33\dots-0,59$), в том числе *Mya arenaria* ($r=-0,30\dots-0,60$) и *Hipanis colorata* ($r=-0,40\dots-0,41$). Как и в собственно в море, слабая тенденция понижения общей биомассы моллюсков в Таганрогском заливе наблюдается в случаях роста повторяемости

макропроцессов восточного типа. Но статистически она значима лишь для биомассы *Hipanis colorata* ($r=-0,40$) и особенно *Gerastoderma lamarcki* ($r=-0,40...-0,64$). Увеличение частоты появления северного типа макропроцессов в рассматриваемый и 2-4 предшествующих года, наоборот, как и в собственно море, способствует росту общей биомассы моллюсков в Таганрогском заливе ($r=0,48...0,67$), в том числе *Mya arenaria* ($r=0,41...0,66$), *Hipanis colorata* ($r=0,45...0,56$) и прочих ($r=0,36...0,47$).

В целом развитие формы W формирует в Азовском море гидрометеорологические условия, способствующие уменьшению общей биомассы всех моллюсков, в том числе двухстворчатых, главным образом *Abra ovata*, *Mya arenaria*, *Hipanis colorata* (в Таганрогском заливе) и особенно *Mytilus galloprovincialis*. В то же время возрастают биомассы *Mytilaster lineatus* и *Gerastoderma lamarcki* (в собственно море).

В случаях доминирования северного типа макропроцессов общая биомасса всех моллюсков, в том числе двухстворчатых, главным образом *Mytilus galloprovincialis*, *Mya arenaria*, в меньшей степени *Abra ovata*, *Hipanis colorata* (Таганрогский залив) возрастает, а биомассы *Gerastoderma lamarcki* и *Mytilaster lineatus* уменьшаются.

Восточная форма АЦ способствует некоторому повышению биомассы большинства основных видов моллюсков в собственно море, особенно *Mytilus galloprovincialis*. Исключение составляют *Gerastoderma lamarcki* и, в меньшей степени, брюхоногие моллюски, биомасса которых в подобных макросиноптических условиях уменьшается. Несколько уменьшается и общая биомасса моллюсков в Таганрогском заливе, главным образом *Hipanis colorata*, но особенно *Gerastoderma lamarcki*.

Связь зообентоса с ЮК (ЭНЮК). Выполнена оценка структурных связей между многолетней изменчивостью интенсивности и характера ЮК (ЭНЮК) и многолетней изменчивостью общей биомассы и биомассы основных видов моллюсков Азовского моря в период с начала 1950-х до середины 1980-х гг. и в современный период (1991-2005 гг.).

Для первого периода между общей биомассой зообентоса и показателями индекса SOI за рассматриваемый и три предшествующих года установлена положительная, слабо выраженная, но статистически значимая корреляция как для Таганрогского залива ($r=0,33...0,47$), так, хотя и в меньшей степени, для собственно Азовского моря ($r=0,26-0,28$).

Объясняется это тем, что в холодную фазу ЮК (Ла-Нинья), либо в условиях близких к ее формированию, когда ТПО понижается и значения индекса SOI относительно средних для анализируемого ряда повышены, в атлантико-европейском секторе северного полушария развивается восточная форма Е. В этих условиях сток рек понижается, приток черноморских вод резко возрастает, Азовское море осолоняется, а биомасса зообентоса в Азовском море имеет тенденцию к росту за счет освоения его

черноморскими видами. С осолонением моря появляются более крупные виды азовских и черноморских моллюсков. По данным (Гидрометеорология и гидрохимия, 1991) в 1970-х годах, в период максимального осолонения Азовского моря биомасса зообентоса в Таганрогском заливе достигала в среднем $200-350 \text{ г/м}^2$, а в собственно море $350-500 \text{ г/м}^2$. В эти годы среднегодовая величина индекса SOI была существенно выше нуля (холодная фаза ЮК-Ла-Нинья), а в атлантико-европейском секторе исключительное развитие получили макропроцессы восточного типа.

Примером последствий развития теплой фазы ЮК (Эль-Ниньо), роста частоты появления в холодный период (особенно зимой) макропроцессов W и C на фоне падения повторяемости типа E при годовых величинах всех форм на уровнях, близких к нормам, является современное распреснение Азовского моря до 9,5-10‰. В эти годы биомасса зообентоса по данным (Фроленко, 2000, 2001, 2006; Фроленко, Студеникина, 2002; Студеникина и др., 1999; 2002; 2006; Студеникина, 2006) понизилась в собственно Азовском море преимущественно до $100-350 \text{ г/м}^2$, а в Таганрогском заливе до $30-300 \text{ г/м}^2$, т.е. в целом примерно в 1,5-2,0 раза.

Современный период (1991-2005 гг.) в среднегодовом отношении на основе значений индекса SOI можно отнести к преимущественно теплой фазе Эль-Ниньо, за исключением 1996, 1999, 2000 и 2001 гг., когда наблюдалось явление Ла-Нинья (холодная фаза). Среднегодовая величина SOI составила -4,1 при колебаниях от -12,3 (1992, 1994) до +7,4 и +7,6 (1999, 2000).

Оказалось, что общая биомасса моллюсков собственно Азовского моря несколько понижается в случае усиления интенсивности Эль-Ниньо в рассматриваемый и 1-4 предшествующих года ($r=-0,53$), причем как двухстворчатых ($r=-0,42$), в том числе *Abra ovata* ($r=-0,49$), *Mytillus galloprovincialis* ($r=-0,55$) и особенно *Mya arenaria* ($r=-0,74 \dots -0,83$), так и брюхоногих ($r=-0,53 \dots -0,65$). Исключение составляют биомассы *Mytilaster lineatus* и *Cunearca cornea*, для которых, наоборот, свойственно некоторое их увеличение (соответственно $r=0,50$ и $r=0,61$). Реакция биомассы *Gerastoderma lamarcki* статистически неопределенна. Снижение интенсивности развития явления Эль-Ниньо (теплая фаза ЮК) и тем более наступление холодной фазы ЮК (Ла-Нинья) способствуют изменениям биомассы моллюсков собственно моря противоположно описанным выше.

Усиление интенсивности теплой фазы ЮК – явление Эль-Ниньо в рассматриваемые и предшествующие годы (от 1-3 до 5-6) способствует понижению общей биомассы основных видов зообентоса в Таганрогском заливе ($r=-0,44 \dots -0,56$) в том числе биомасс *Mya arenaria* ($r=-0,42 \dots -0,56$) и *Hipanis colorata* ($r=-0,51 \dots -0,57$). Реакция биомассы *Gerastoderma lamarcki*, также как и в собственно море, неопределенна.

Прослеживается слабая, но статистически не значимая тенденция к ее повышению ($r=0,28...0,36$).

Таким образом, усиление интенсивности явления Эль-Ниньо способствует понижению общей биомассы и биомасс основных видов зообентоса в Азовском море (двухстворчатые, в т.ч. *Abra ovata*, *Mytilus galloprovincialis*, особенно *Mya arenaria*, брюхоногие, *Hipanis colorata*). Исключение составляют биомассы *Mytilaster lineatus* и *Cunearca*, для которых в этом случае, наоборот, свойственно некоторое увеличение. Для биомассы же *Gerastoderma lamarcki* характерна слабо выраженная тенденция роста (главным образом в Таганрогском заливе). Снижение интенсивности развития явления Эль-Ниньо и тем более наступление холодной фазы ЮК (Ла-Нинья) способствует формированию противоположных описанным выше тенденциям в многолетних изменениях биомассы основных видов зообентоса Азовского моря.

Для зарегулированного периода (1950-2005 гг.) в многолетних колебаниях суммарной биомассы зообентоса в собственно Азовском море прослеживается слабая тенденция к уменьшению (на 32 г/м^2 или 12%), в Таганрогском заливе относительно более выраженная тенденция к ее росту (26 г/м^2 или 21%). Все это отражает изменения характера АЦ. В работе (Фроленко, 2006) отмечается, что в современный период в структуре донных сообществ снизилась доля двухстворчатых моллюсков, доля же брюхоногих моллюсков, ракообразных и фораминифер на фоне уменьшения суммарной биомассы зообентоса Азовского моря в последние годы возросла.

Заключение. Таким образом, несмотря на антропогенные воздействия, климатообразующие процессы остаются ключевым фактором формирования не только режима Азовского моря (а также Каспийского и Черного), но и его планктонных и донных сообществ.

В целом в условиях развития западной формы АЦ, первичная продукция органического вещества и биомасса фитопланктона в Азовском море возрастают, а в годы доминирования макропроцессов восточного типа уменьшаются. Подобные закономерности в основном характерны и для биомассы зоопланктона. Опосредованное влияние северного типа макропроцессов на рассматриваемые биологические характеристики неоднозначно. В современный период усиление повторяемости формы С формирует гидрометеорологические условия, способствующие понижению биомассы зоопланктона в Таганрогском заливе, а также биомассы фитопланктона в Азовском море. В случае роста повторяемости формы Е осенью, северного типа макропроцессов 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.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Вангенгейм Г.Я. К вопросу о типизации и схематизации синоптических процессов// Метеорология и гидрология. 1938. № 3 С. 38-58.
- 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 распреснение 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.
- Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. СПб.: Гидрометеоиздат. 1991. Т.5. 237 с.
- Гирс А.А. Многолетние колебания атмосферной циркуляции и долгосрочные гидрометеорологические прогнозы. Л.: Гидрометеоиздат, 1971. 230 с.
- Гирс А.А. Макроциркуляционный метод долгосрочных метеорологических прогнозов. Л.: Гидрометеоиздат, 1974. 488 с.
- Гребневик *Mnemiopsis leidyi* (А.А. Gassiz) в Азовском и Черном морях: биология и последствия вселения. Ростов-н/Д. Изд-во БКИ. 2000. 497 с.
- Жукова С.В., Александрова З.В., Баскакова Т.Е. Особенности гидролого-гидрохимического режима Темрюкско-Ахтарского района в июле-августе 2004 г.//Наука Кубани,1.2005.С. 14-28.
- Мирзоян З.А., Мартынюк М.Л., Вязун Е.В. Особенности развития *Веое ovata* и *Mnemiopsis leidyi* в Азовском море в современный период. // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна: сборник научных трудов (2004-2005 гг.) // Ростов-на-Дону, 2006 г. С. 136-148.
- 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.
- Сарвилина С.В. Изменения зообентоса Азовского моря и Северного Каспия, связь их с колебаниями атмосферной циркуляции. // Вопросы промысловой океанологии. Вып. 3. Изд-во ВНИРО, М.; 2006. С. 285-296.
- Сафронова С.Л. Характеристика фитопланктона Азовского моря в современный период. // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна: сборник научных трудов (2004-2005 гг.). Ростов-на-Дону, 2006 г. С. 97-107.
- Сидоренков Н.С. Физика неустойчивостей вращения Земли. М.: Наука, 2002. 348 с.
- Студеникина Е.И., Алдакимова А.Я., Губина Г.С. Фитопланктон Азовского моря в условиях антропогенных воздействий. Ростов-н/Д. Изд-во “Эверест”. 1999. 175 с.
- Студеникина Е.И. Характеристика биологических сообществ в Темрюкско-Ахтарском районе Азовского моря.//Наука Кубани, 1.2005.С.29-40.
- Фроленко Л.Н. Зообентос Азовского моря в условиях антропогенных воздействий: Дисс. ... канд. биол. наук. –Краснодар, 2000.-24с.

- Фроленко Л.Н. Зообентос Азовского моря и особенности его развития в современный период// Известия вузов. Естественные науки. 2000, №4. С.62-65.
- Фроленко Л.Н. Моллюски Азовского моря в 90-х годах XX века// Материалы международной научной конференции: Проблемы сохранения экосистем и рационального использования биоресурсов Азово-Черноморского бассейна (г.Ростов-на-Дону, 8-12 октября 2001 года). Ростов-на-Дону, 2001.С.185-187.
- Фроленко Л.Н., СтуденикинаЕ.И. Биолого-экологическая характеристика бентосных видов-вселенцев Азовского моря// Известия вузов. Естественные науки. 2002, №4. С.81-86.
- Фроленко Л.Н. Оценка состояния донных биоценозов Азовского моря. // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна: сборник научных трудов (2004-2005 гг.). Ростов-на-Дону, 2006 г. С. 77-87.
- Фроленко Л.Н. Характеристика сообществ донных беспозвоночных Азовского моря. // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна: сборник научных трудов (2004-2005 гг.). Ростов-на-Дону, 2006 г. С. 88-96.