

ТРАНСФОРМАЦИЯ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЭКОСИСТЕМЫ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ АЗОВСКОГО МОРЯ ЗА ПЕРИОД 1996-2004 ГГ.

О.А.Петренко, Т.М.Авдеева,
Н.М.Литвиненко, Н.Б.Заремба,
С.С.Жугайло

Южный научно-исследовательский
институт морского рыбного хозяйства и
океанографии (ЮгНИРО)
г. Керчь, ул. Свердлова, 2
E-mail: yugniro@kerch.com.ua

Дана комплексная оценка морской среды с позиции пригодности экосистемы для нормальной жизнедеятельности промысловых гидробионтов и их кормовой базы. Показаны временные тенденции загрязнения компонентов экосистемы тяжелыми металлами, хлорорганическими соединениями и компонентами нефти (рассчитаны тренды). Рассмотрен количественный состав и динамика состояния зоопланктона в условиях интенсивного развития гребневика мнемипсиса. Дана характеристика зообентоса в зависимости от гидрометеорологических года. Представлены результаты мониторинговых исследований уровня загрязнения тяжелыми металлами и хлорорганическими соединениями тканей и органов основных промысловых объектов Азовского моря.

Введение. С начала 60-х годов прошлого столетия эпизодические, разрозненные наблюдения за влиянием загрязняющих веществ (ЗВ) органического происхождения на морские организмы приобрели регулярный целенаправленный характер. За последующий 30-летний период исследований отечественные и зарубежные ученые убедились в том, что в разных экспериментах реакция одних и тех же видов организмов на присутствие в воде указанных токсикантов может быть прямо противоположной [1-3]. Вспышка производства и интенсивного применения в практике сельского хозяйства пестицидов, произошедшая в послевоенные годы во всех развитых странах, была обусловлена в основном их высокой эффективностью в борьбе с вредителями и сорняками на полях, а также с зарастанием прудов, водохранилищ и каналов. В связи с этим, до начала 50-х годов внимание большинства исследователей было обращено на изучение токсического воздействия хлорор-

ганических соединений (ХОС) на соответствующие сорняки, насекомые и водоросли. Только в середине 60-х гг., когда в дельтах и эстуариях рек Атлантического побережья США и других прибрежных районах начали отмечаться случаи «загадочной» массовой гибели крабов, моллюсков и рыб, проблема опасности ядохимикатов для полезных морских организмов составила один из основных разделов водной токсикологии [4] и нашла широкое отражение в научных изысканиях исследователей всего мира.

Водные экосистемы чутко реагируют на различные проявления антропогенного пресса, при этом нарушаются их структура и условия нормального функционирования, неизбежно ведущее к снижению биопродуктивности, конечным звеном которой является рыбопродуктивность. Ранее считали, что ведущим фактором формирования промысловых запасов рыб являются условия, определяющие эффективность нереста рыб, обеспеченность рыб пищей на различных этапах онтогенеза: от личинок, перешедших на самостоятельное питание, до мальков и половозрелых рыб. При этом совершенно не учитывалось качество воды, в которой обитают рыбы. Загрязнение водоема различными химическими веществами оказывает влияние на гидробиологический режим, что влечет за собой изменение его биологической продуктивности, обеднение кормовой базы рыб, прямое токсическое воздействие на гидробионтов.

В этой связи целью настоящей работы явилась оценка качества морской среды западной части Азовского моря с позиции пригодности экосистемы для нормальной жизнедеятельности промысловых гидробионтов и их кормовой базы.

Для ее достижения решался комплекс задач, включавший:

1) Анализ гидробиологических составляющих функционирования экосистемы Азовского моря в условиях воздействия вселенцев.

2) Исследование многолетней динамики содержания тяжелых металлов, нефтепродуктов и ХОС в воде, анализ токсического влияния указанных загрязняющих веществ на кормовую базу рыб.

3) Анализ токсикологических исследований основных промысловых видов рыб, как важнейшего и наиболее чувствительного компонента водных экосистем.

Материал и методика. Решение поставленных задач осуществлялось на основании данных комплексного мониторинга условий среды, организованного сотрудниками ЮгНИРО в западной части Азовского моря.

Химический анализ воды и донных отложений выполнен в аккредитованной в системе Госстандарта Украины лаборатории охраны морских экосистем с применением метрологически аттестованных методов, включающих методы атомно-адсорбционной и инфракрасной спектрофотометрии, газожидкостной хроматографии.

В воде и донных отложениях определяли тяжелые металлы (ртуть, медь, кадмий, свинец, цинк, хром и мышьяк), нефтепродукты и хлорорганические соединения. Для тяжелых металлов были рассчитаны индексы качества вод [5] и суммарный показатель загрязнения (СПЗ=ΣС_i/ГХФ) [6].

Обработка проб планктона производилась счетно-весовым методом. Видовой состав бентоса определялся по «Определителю фауны Черного и Азовского морей». Учитывались видовое разнообразие, численность и биомасса каждого вида [7-9].

Результаты работы. Многолетние исследования ученых показали, что на состояние зоопланктона существенное влияние оказывал гребневик мнемипсис. До вселения гребневика мнемипсиса (1985-1988 гг.) летний период в Азовском море характеризовался высокими показателями биомассы кормового зоопланктона. Уровень биомассы в этот сезон определялся в основном за счет интенсивного развития 2-3 видов веслоногих раков, которые формируют второй, так называемый копеподный максимум. Средние биомассы зоопланктона по данным ЮгНИРО в августе изменялись от 50 до 207 мг/м³.

Вселение в Азовское море гребневика мнемипсиса в 1988 г. сильно деформировало структуру традиционного зоопланктона и направленность продукционного процесса. В летний период (особенно в августе) он находился под мощным прессом хищника. Биомасса и численность зоопланктона снижалась до предельно малых величин. Значения средней биомассы в период 1988 – 2000 гг. колебались от 0,6 до 22 мг/м³. Уровень биомассы формировали не копеподы, а временные планктеры. Сезонная динамика Азовского планктона в этот

период утратила традиционный максимум, который определяет эффективность нагула планктоноядных рыб, влияя, тем самым, на их жизненный цикл. Энергетический потенциал кормового зоопланктона снизился до 1-2%, против 40% до вселения мнемипсиса. Однако, начиная с 1999 г., в экосистеме Азовского моря появился новый вселец - гребневик Берое. В результате указанного вселения уменьшилось негативное влияние мнемипсиса на зоопланктонное сообщество. Средняя биомасса в период 2000-2004 гг. увеличилась с 3,5 до 347 мг/м³. Улучшение качественного состава и повышение уровня развития зоопланктона подтверждается и нашими исследованиями, проведенными в юго-западной части Азовского моря в августе 2004 г.

Планктонное сообщество в этот период было представлено 13 видами, из которых 3 вида принадлежали к веслоногим ракам, а 10 – к временным планктерам. Качественный состав зоопланктона соответствовал сезонной динамике развития организмов в летний период (когда гребневик мнемипсис отсутствовал). Зоопланктон был представлен только кормовыми видами.

Количественные показатели развития кормового зоопланктона в 2004 г. изменялись следующим образом: численность - от 13,2 до 225,3 тыс. экз/м³, биомасса – от 27,2 до 582,4 мг/м³. По сравнению с летним периодом 2003 г. средняя численность возросла в 19 раз, а средняя биомасса – в 8,6 раз и, соответственно, составила 49,2 тыс. экз/м³ и 145,0 мг/м³.

Если в 2003 году уровень развития кормового зоопланктона определяли временные планктеры (90%) при доминировании личинок усонюгих раков *N. Cirripedia* (81%), то в период исследования 2004 г. основу зооценоза формировали веслоногие раки (36%), коловратки (33%) и личинки двустворчатых моллюсков (16%). Из копепод существенный вклад в биомассу кормового зоопланктона вносили: азовская форма *Acartia clausi* (10%) и *Centropages spinosus* (22%), которые до вселения гребневика мнемипсиса определяли высокий уровень развития зоопланктона в летний период. Высокие показатели уровня развития кормового зоопланктона в летний период, по-видимому, обусловлены снижением негативного влияния гребневика мнемипсиса на зоопланктонное сообщество. Если в

2003 году в пробах мезопланктона в больших количествах отмечались гребневик и его личинки, то в период исследования 2004 г. они не обнаружены. На всей обследованной акватории в планктоне встреча-

лись личинки плоских червей, биомасса которых колебалась от 0,03 до 159,1 мг/м³. Пространственное распределение кормового зоопланктона характеризовалось следующим образом (рис. 1).

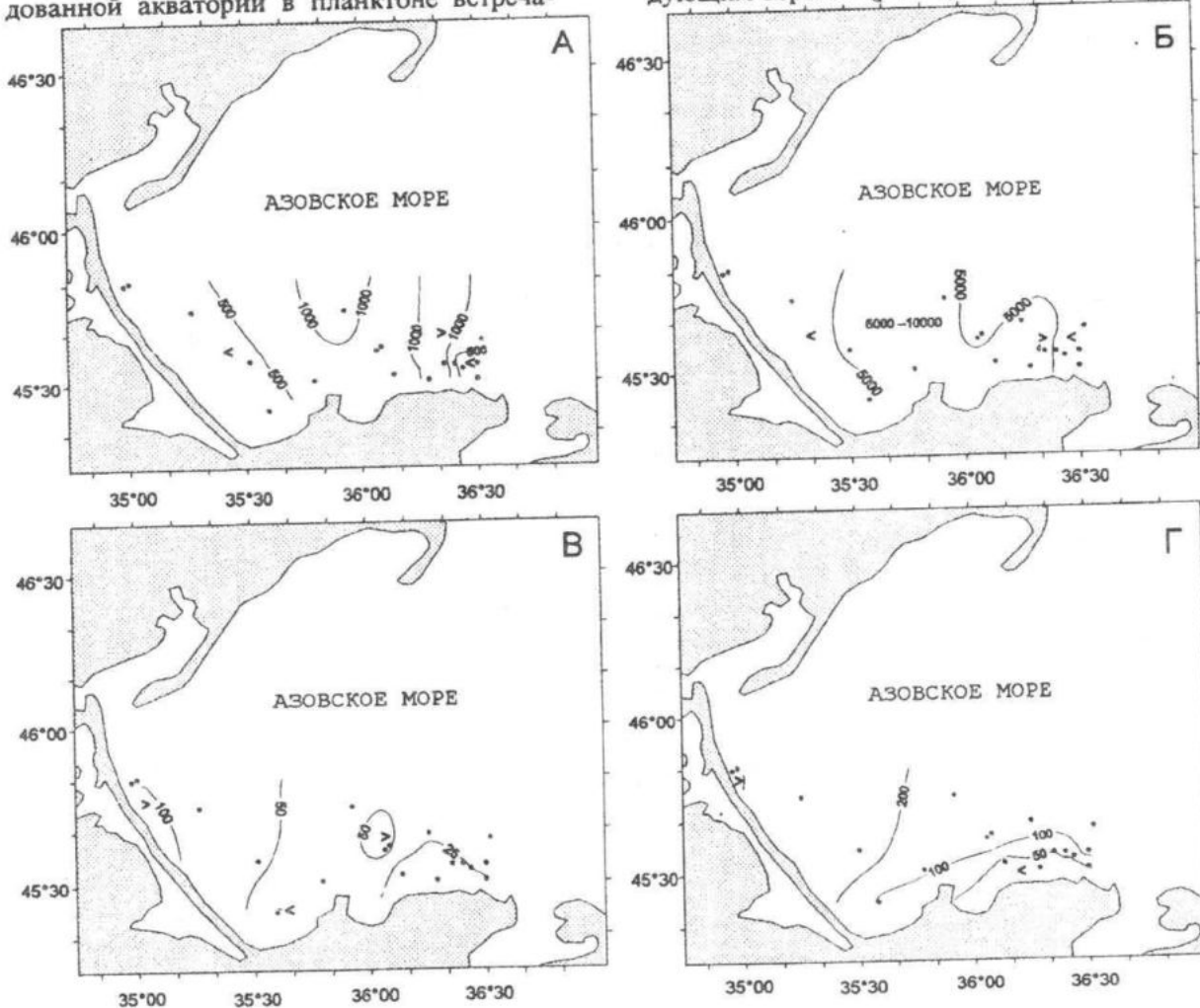


Рис. 1 – Пространственное распределение численности (А, млн.кл./м³) и биомассы (Б, мг/м³) фитопланктона, численности (В, экз/м³) и биомассы (Г, мг/м³) зоопланктона в юго-западной части Азовского моря в августе 2004 г.

Максимальные биомассы кормового зоопланктона (200-500 и более 500 мг/м³) отмечались вдоль Арабатской стрелки. Район, прилегающий к Керченскому полуострову, характеризовался слабым развитием зоопланктона, значения биомассы были менее 50 мг/м³. На остальной части исследованного района значения биомассы колебались от 106 до 161 мг/м³.

Кроме снижения пресса на зоопланктон со стороны мнемииописа в последние годы складывается благоприятная химикотоксикологическая обстановка. Многолет-

ние исследования динамики содержания тяжелых металлов и нефтепродуктов в воде показали тенденцию к снижению уровня загрязнения этими веществами. По хлороорганическим соединениям в 2004 г. отмечено значительное увеличение содержания ДДТ и метаболитов в воде, на 2-3 порядка превосходящих средние величины предыдущих лет. Результаты исследований 2004 г. и последующих лет покажут, каким образом повлияет сложившаяся ситуация на распределение зоопланктона (рис. 2-4).

Следует обратить внимание, что макси-

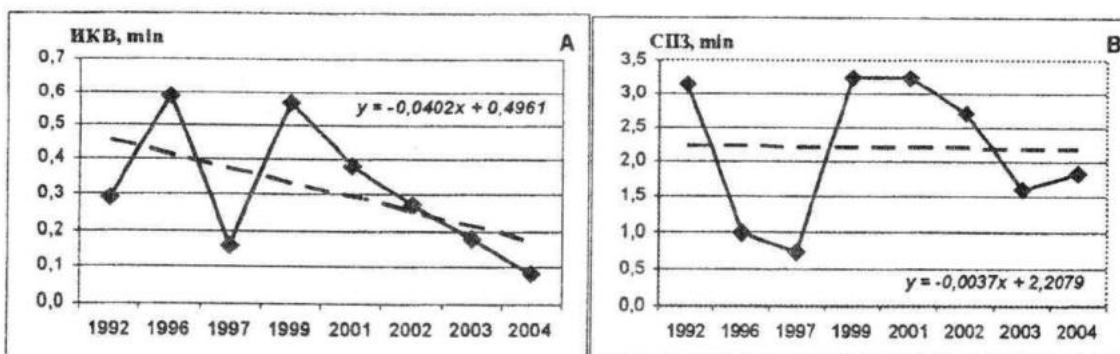


Рис. 2 – Динамика изменения индексов качества вод (А) и величин суммарного показателя загрязнения донных отложений (В) западной части Азовского моря тяжелыми металлами за период 1992-2004 гг.

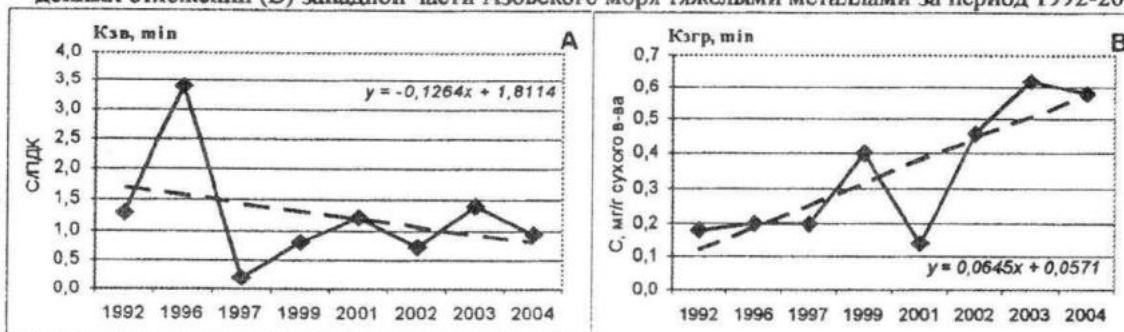


Рис. 3 – Динамика изменения коэффициентов загрязнения воды (А, Кз.в.) и минимальных содержаний нефтепродуктов (В) в донных отложениях западной части Азовского моря за период 1992-2004 гг.

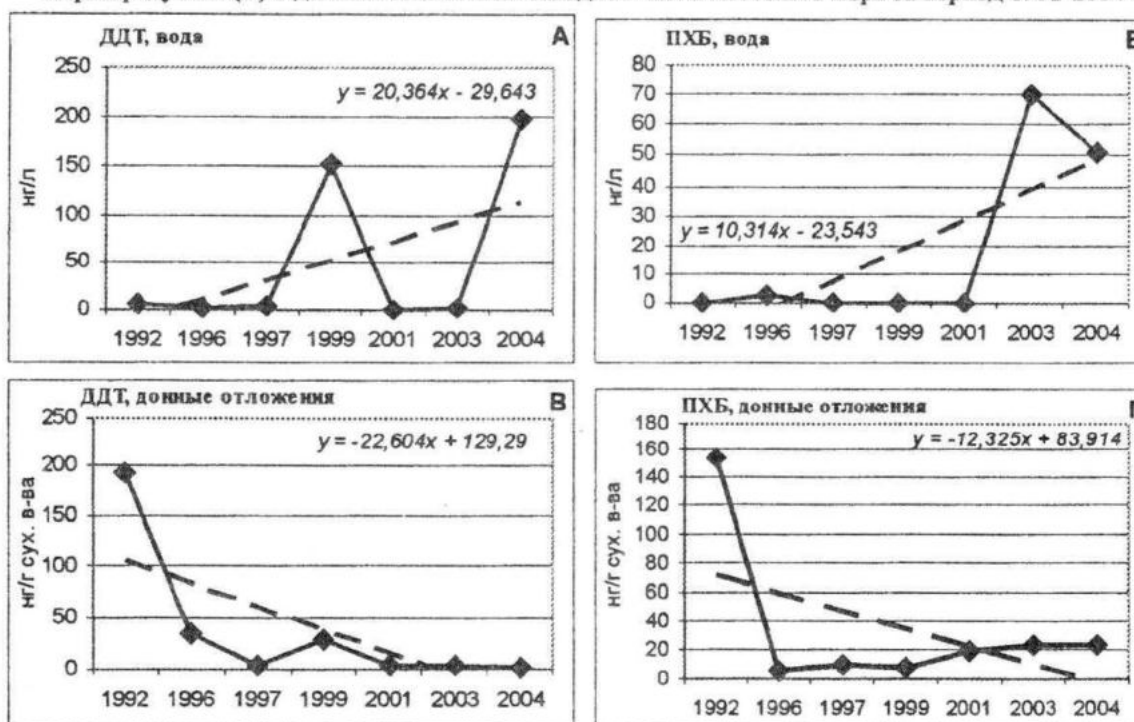


Рис.4 – Многолетняя динамика уровня загрязнения придонной воды и донных отложений западной части Азовского моря ДДТ и ПХБ (1992-2004 гг.)

мальные биомассы зоопланктона определены на участках акватории, в воде которых зафиксированы наименьшие содержания нефтепродуктов и ДДТ, и, наоборот, на ак-

ваториях с наибольшим уровнем загрязненности воды указанными веществами отмечены минимальные биомассы и численность зоопланктона (рис. 5, 6).

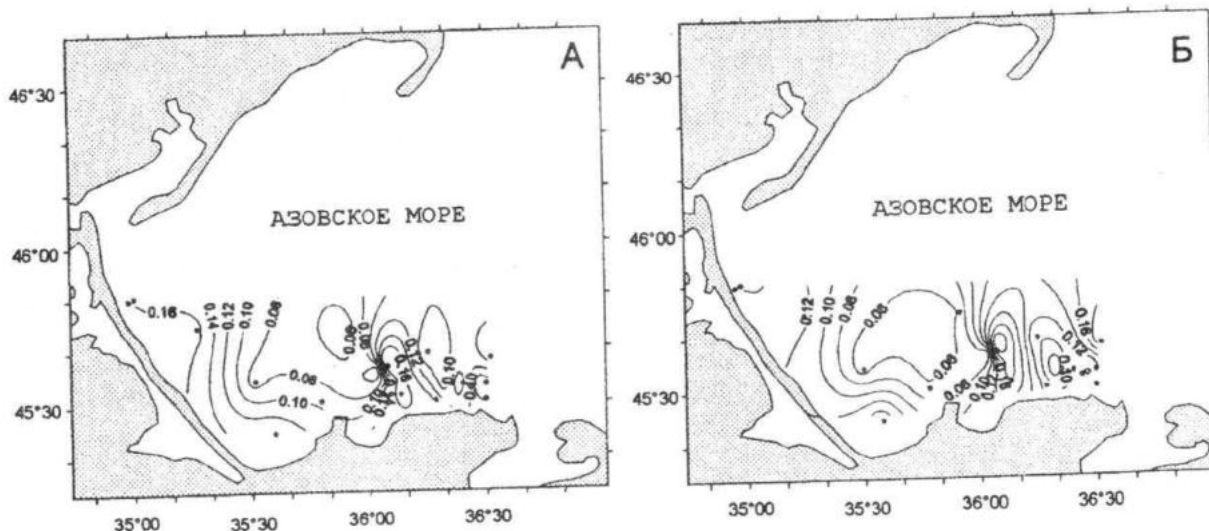


Рис. 5 – Пространственное распределение суммарных нефтепродуктов в воде (мг/л) поверхностного (А) и придонного (Б) горизонтов юго-западной части Азовского моря 10-11 августа 2004 г.

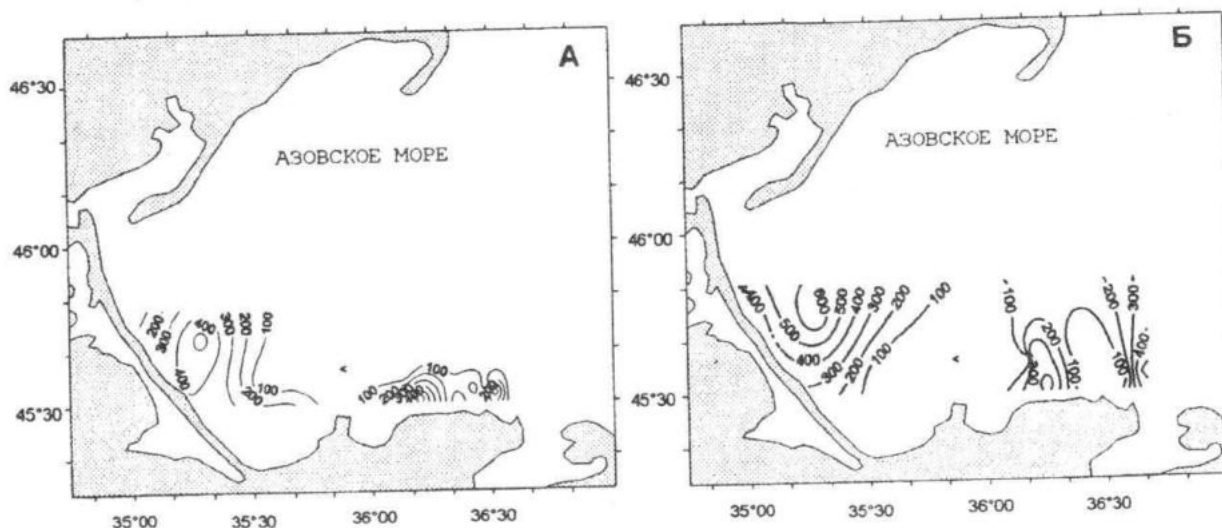


Рис. 6 – Пространственное распределение ДДТ в воде (мг/л) поверхностного (А) и придонного (Б) горизонтов юго-западной части Азовского моря 10-11 августа 2004 г.

2004 г. был благоприятным и для фитопланктона. Исследования фитопланктона, проведенные в юго-западной части Азовского моря в летний период (август 2004 г.) в слое 0- дно метров, показали очень высокий уровень развития фитоценоза. В планктоне обнаружено 42 вида водорослей, относящихся к 6 систематическим отделам.

Значения средневзвешенной численности изменялись от 309 до 4272 млн.кл/м³, а биомассы- от 1401 до 11023 мг/м³. По сравнению с летним периодом 2003 г. средневзвешенные численность и биомасса возросли в 2,1 раза и соответственно равнялись 828,0 млн.кл/м³ и 4776,6 мг/м³. Если в прошлом году основу фитопланктона в районе определяли диатомовые и перидиниевые

водоросли, то в период исследования - перидиниевые водоросли, на долю которых приходилось 69% численности и 93% биомассы суммарного фитопланктона. Диатомовые водоросли играли второстепенную роль в планктоне, на их долю приходилось 19% численности и 2,3% биомассы.

Пространственное распределение фитопланктона показало, что центральная акватория исследованного района характеризовалась высоким уровнем развития фитопланктона (5000-10000 и более 10000 мг/м³). На восточной и западной перифериях исследованной акватории интенсивность развития водорослей была ниже, значения биомассы колебались от 1400 до 4591мг/м³.

При анализе динамики донных биоценозов трудно выявить влияние отдельного токсического вещества или их группы на численность и биомассу. Ранние исследования ЮгНИРО показали, что в годы, когда отмечался достаточно продолжительный дефицит кислорода в придонном слое воды, наблюдалось снижение как численности, так и биомассы зообентоса, и, как следствие, уменьшение доли кормового зообентоса. Так в период 1998-1999 гг. отмечалось уменьшение численности зообентоса в 3-4 раза по сравнению с 1996 г. Биомасса бентоса в эти годы снизилась в 2-4 раза. Достаточно кратковременный дефицит кислорода в придонном слое воды в 1997 г. вызвал гибель молодых животных, что привело к уменьшению доли кормового бентоса при неизменной, в сравнении с предыдущим годом, биомассой суммарного бентоса.

С 2000 г. на акватории западной части Азовского моря дефицита кислорода, способного вызвать гибель бентосных организмов, не наблюдалось. Тем не менее, в 2003 г. отмечено снижение численности и биомассы суммарного бентоса в 2 раза, а кормового - в 3 раза по сравнению с 2002 г. Следовательно, на бентосные организмы помимо кислорода оказывает влияние и загрязненность донных отложений токсическими веществами. При анализе динамики

содержания в донных отложениях основных групп загрязняющих веществ оказалось, что максимальные концентрации хлорорганических соединений, зафиксированные в 1992 г., снизились до очень малых значений к 1996-1997 гг. и в последующий период существенно не изменялись. Максимальный уровень загрязненности донных отложений тяжелыми металлами зафиксирован в 1999-2001 гг., в то время как численность и биомасса зообентоса была наибольшей. Что касается нефтепродуктов, то содержание их в донных отложениях достаточно хорошо сопоставимо с биомассой и численностью - в период повышенных концентраций нефти в донных отложениях показатели зообентоса снижаются. К 2001 г. концентрация нефтеуглеводородов снизилась до минимальной величины, что привело к резкому скачку и численности и биомассы. Далее загрязненность донных отложений возрастает, что, в свою очередь, приводит к снижению основных показателей донных организмов (рис. 7). Если принять во внимание, что загрязнение донных отложений нефтепродуктами имеет тенденцию к увеличению, то действие токсических веществ будет снижать кормовую ценность зообентоса за счет снижения численности менее устойчивых организмов.

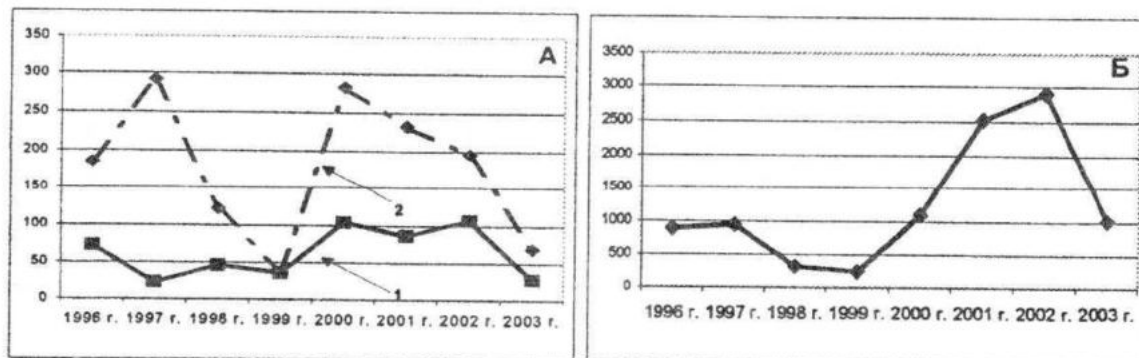


Рис. 7 – Биомасса кормового (А-1) и суммарного зообентоса (А-2), г/м² и численность кормового зообентоса (В), экз/м²

На ихтиофауну загрязнение водоема действует по нескольким направлениям. Во-первых, ухудшаются абиотические факторы среды обитания рыб. Во-вторых, нарушаются биотические связи рыб и их кормовая база. В-третьих, поступающие в водоемы токсические вещества не только оказывают непосредственное токсическое действие на рыб, но и ухудшают их пищевые

качества. Кроме того рыбы являются основным объектом токсикологических исследований, как важнейший и наиболее чувствительный компонент водных экосистем.

Исследования содержания токсических веществ в основных промысловых рыбах Азовского моря (пиленгас, судак и камбалоглосса) ЮгНИРО проводит в течение ряда

лет. Критерием качества рыб, как пищевых продуктов, явился максимально допустимый уровень (МДУ).

Анализ результатов исследований (начиная с 2002 г.) показал, что содержание тяжелых металлов в мышечной ткани рыб не превышало максимально допустимого уровня. Относительно неблагоприятная ситуация сложилась по мышьяку, меди и цинку, аккумулированных в печени и гонадах (икре).

Пиленгас. В печени приблизительно 40% исследованных рыб концентрация меди превышала МДУ в 3,3-13,1 раза. Наибольшее количество цинка было определено, главным образом, в гонадах – 45,5-72,3 мкг/г сырого вещества при максимально допустимом уровне, равном 40 мкг/г.

Судак. В 20 % рыб выявлено превышение цинка в гонадах в среднем в 1,3 раза.

Глосса. Практически во всех исследованных рыбах содержание цинка в гонадах превышало МДУ в среднем в 1,5 раза. В гонадах около 30 % камбал количество мышьяка приблизительно в 2 раза выше максимально допустимой величины.

Из хлорорганических соединений в рыбах регламентируются содержания ДДТ и его метаболитов и сумма изомеров гексахлорциклогексана. За весь период исследований концентрация этих ксенобиотиков в мышечной ткани, печени и гонадах не превышала МДУ. Кроме того в рыбах обнаружены полихлорированные бифенилы, содержание которых в рыбах изменялось в пределах 3-77 нг/г сух. вещества).

Выводы. Если в последние годы прошедшего века развитие зоопланктона определялось влиянием гребневика-мнемниопсиса, то в настоящее время существенное значение приобрело качество воды, в особенности, уровень загрязнения водных масс нефтепродуктами и некоторыми хлорорганическими соединениями.

Максимальный уровень биомассы, характеризующий современный альгоценоз в Азовском море, изменялся в пределах 4 – 15 г/м³. Как в летний период 2003 г., так и в 2004 г., высокие показатели уровня развития фитоценоза были обусловлены интенсивным развитием перидиниевых водорослей. По всему району наблюдалось «цветение» воды.

Численность и биомасса зообентоса зависит не только от гидрологических усло-

вий среды (растворенный кислород), но и от уровня загрязнения донных отложений нефтепродуктами.

В мышечной ткани организмов-индикаторов содержание токсичных тяжелых металлов не превышало максимально допустимый уровень. Относительно неблагоприятная ситуация сложилась в результате накопления меди в печени (пиленгас), мышьяка (камбала-глосса) и цинка в гонадах (пиленгас, судак, камбала-глосса).

ЛИТЕРАТУРА

1. Патин С.А., Морозов Н.П. 1981. Микроэлементы в морских организмах и экосистемах. – М.: Пищевая промышленность. – 153 с.
2. Batzer S.B., Yevich P.P. 1975. Copper toxicity in *Busycon canaliculatum* // *Biol/Bull/* – V.48. №1. – P. 16-25.
3. Waldichuk m. 1974. Some biological concerns in heavy metals pollution // *Pollution and physiology of marine organisms*. №1. – San-Francisko-London: Acad., Press. – P.1-58
4. Патин С.А., Брагинский Л.П. 1989. Современные проблемы водной токсикологии // *Продуктивность и охрана морских и пресных вод.* – Тр. ВГО. – Т. 29. – С.37-46.
5. Мандыч А.Ф., Шапоренко С.И. Прибрежные воды – индикатор хозяйственной деятельности на побережье Черного моря. *Природа*, 1992, № 6. – С. 17-24.
6. Авдеева Т.М., Петренко О.А., Себах Л.К. Динамика химического загрязнения экосистемы западной части Азовского моря. Современное состояние экосистем Черного и Азовского морей//Тезисы докладов Международной научной конференции (Крым, Донузлав, 13-16 сентября 2005г.). Севастополь: НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика», 2005. – С. 7.
7. Определитель фауны Черного и Азовского морей. Свободноживущие беспозвоночные. Т. 1.-Киев: Наукова думка, 1968. – 437 с.
8. Определитель фауны Черного и Азовского морей. Свободноживущие беспозвоночные. Т. 2. Киев: Наукова думка, 1969. – 536 с.
9. Определитель фауны Черного и Азовского морей. Свободноживущие беспозвоночные. Т. 3.-Киев: Наукова думка, 1972. – 340 с.