



НАУЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 593.14: 593.8 (262.5)

Е. С. Губарева¹, канд. биол. наук, н. с., **Л. С. Светличный**¹, канд. биол. наук, с. н. с.,
З. А. Романова¹, канд. биол. наук, с. н. с., **Г. И. Аболмасова**¹, канд. биол. наук, с. н. с.,
Б. Е. Аннинский¹, канд. биол. наук, н. с., **Г. А. Финенко**¹, канд. биол. наук, вед. н. с.,
Л. Бат², д-р фил., **А. Кидейс**³, д-р фил.

¹Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского Национальной академии наук Украины,
Севастополь, Украина

²Самсунский университет, Факультет рыболовства, г. Синоп, Турция

³Институт Морских Наук, г. Эрдемли, Турция

**СОСТОЯНИЕ ЗООПЛАНКТОННОГО СООБЩЕСТВА СЕВАСТОПОЛЬСКОЙ БУХТЫ
ПОСЛЕ ВСЕЛЕНИЯ ГРЕБНЕВИКА *BEROE OVATA* В ЧЕРНОЕ МОРЕ (1999 - 2003 гг.)**

С сентября 1999 г. по сентябрь 2003 г. на постоянной станции у выхода из Севастопольской бухты выполнены исследования сезонной динамики видового состава, численности и биомассы кормового и желетелого зоопланктона (*Beroe ovata* и *Mnemiopsis leidy*). Сезонная динамика биомассы кормового зоопланктона Севастопольской бухты характеризовалась летне-осенним и зимним максимумами, достигающими 2.4 г/м². Основной вклад в биомассу кормового зоопланктона вносил меропланктон и копеподы (42.8±4.0 и 32.0±3.4% среднегодовой биомассы, соответственно). После появления в Черном море хищного гребневика *B. ovata* среднегодовая биомасса *M. leidy* в Севастопольской бухте снизилась в среднем в 3.5 раза по сравнению с 1995 г., сократилась продолжительность его воздействия на зоопланктонное сообщество. В связи с этим, на фоне улучшения экологического состояния прибрежных вод Севастополя, многократно увеличилась численность копепод и меропланктона.

Ключевые слова: Черное море, Севастопольская бухта, зоопланктон, *Mnemiopsis leidy*, *Beroe ovata*, численность, биомасса, многолетние изменения

Исследования зоопланктона в Севастопольской бухте проводятся на протяжении последних трех десятилетий [1, 5, 6, 8, 9, 20, 21, 22]. Динамика видового состава и показателей развития зоопланктонного сообщества бухты в полной мере отражает процессы, происходящие в Черном море [2, 10, 18, 23, 26]. Как известно [11, 13, 23], антропогенный стресс 70-80-х годов 20-го столетия привел к обеднению видового состава и снижению биомассы копепод и бентосных организмов прибрежья Черного моря, личинки которых существенно дополняли трофические связи и по-

вышали функциональную роль зоопланктонного сообщества. Деграция экосистемы создала благоприятные условия для массового развития в конце 80-х годов гребневика-вселенца *Mnemiopsis leidy*. С воздействием этого хищника связывают дальнейшее угнетение видов эпипланктонного комплекса [4], являющихся основной кормовой базой личинок планктоноядных рыб. Вследствие отсутствия естественных хищников развитие *M. leidy* в Черном море в течение десятилетия контролировалось только температурным и пищевым факторами [7, 15, 18].

В конце 90-х годов в Черном море, в том числе и в Севастопольском регионе, появился новый вид гребневика – *Beroe ovata*, питающийся другими гребневиками, и в первую очередь, мнемипсисом. Одновременно с этим определенный спад в экономике причерноморских государств способствовал уменьшению антропогенной нагрузки на экосистему Черного моря [13, 23]. Появились признаки стабилизации ее состояния на уровне новых трофических взаимоотношений, ключевым звеном которых является система *Beroe* – *Mnemiopsis* [24], контролирующая функционирование других компонентов планктонного сообщества.

Цель настоящей работы – на основании исследования сезонной динамики видового состава, численности и биомассы основных форм кормового зоопланктона и гребневиков *M. leidyi* и *B. ovata* определить современные тенденции развития зоопланктонного сообщества Севастопольской бухты.

Материал и методика. Исследование количественных показателей развития кормового и желетелого зоопланктона выполнено на материалах, собранных на постоянной станции у выхода из Севастопольской бухты с сентября 1999 по ноябрь 2001 гг. [20] и дополненных новыми данными за декабрь 2001 – сентябрь 2003 гг.

Сбор кормового зоопланктона, в состав которого входили Copepoda, Cladocera, Appendicularia, Chaetognatha, пелагические личинки бентосных организмов – меропланктон, производили при помощи большой сети Джеди (диаметр входного отверстия – 36 см, размер ячеек газа – 120 мкм), желетелого планктона (*M. leidyi*, *B. ovata*) – сетью Богорова-Расса (диаметр входного отверстия – 80 см, размер ячеек газа – 500 мкм) 1 – 3 раза в месяц вертикальными ловами (10 – 0 м). Пробы обработаны счетно-весовым методом. Для расчета биомассы кормового зоопланктона использован стандартный вес организмов [14]. Биомассу гребневиков рассчитывали по численности

отдельных размерных групп (с интервалом 10 мм) и среднему сырому весу, определенному по эмпирическим уравнениям зависимости массы от длины тела [20]. Результаты статистической обработки представлены в виде средних величин и их ошибок ($x \pm m$).

Результаты. С сентября 1999 по сентябрь 2003 гг. величины среднегодовой биомассы кормового зоопланктона в Севастопольской бухте варьировали в пределах 0.69 ± 0.1 – 1.06 ± 0.2 г/м². Сезонная динамика биомассы зоопланктона характеризовалась летне-осенним и зимним максимумами (достигающими 2.4 г/м²), с кратковременными спадами в августе – сентябре (рис.1 А). Обычный для 70-х годов ранневесенний пик развития мезопланктона [8], отмечаемый до сих пор в мелководных [10] и глубоководных районах Черного моря [18], в Севастопольской бухте отсутствовал. Основной вклад в биомассу кормового зоопланктона вносил меропланктон ($42.8 \pm 4.0\%$ среднегодовой биомассы), на 80 % определивший пик развития всего кормового зоопланктона в ноябре – декабре 2000 г. и на 96 % – в августе 2002 г. Науплиусы Cirripedia составляли 99 % биомассы меропланктона Севастопольской бухты, тогда как в предшествующие десятилетия доминировали личинки двустворчатых моллюсков [11]. По-видимому, резкое снижение их численности было обусловлено деградацией мидиевых биоценозов [12]. Однако, в 2003 г. доля меропланктона уменьшилась до 14 % всего кормового зоопланктона.

Следующий по обилию компонент кормового зоопланктона – копеподы (рис.1 Б). До середины 80-х годов они доминировали в зоопланктоне Севастопольской бухты [5], достигая 67 % его среднегодовой биомассы [9]. При этом 56 % общей численности копепод составляла *Oithona nana* [4]. В рассматриваемый нами период доля копепод в суммарной среднегодовой биомассе зоопланктона снизилась до 32.0 ± 3.4 %, а доминирующее положение

ние заняли представители рода *Acartia*. Максимумы биомассы *Acartia* отмечались в конце лета или начале осени. В августе 2001 г., в период пика зоопланктона, они составляли 88 % общей биомассы. По-видимому, возрастание биомассы *Acartia* в шельфовых зонах Черного моря произошло после 1985 г. [6, 17, 23].

Массовое развитие *Cladocera* – типичных теплолюбивых организмов – было отмечено нами в июле – сентябре (рис.1 Б). В это время их биомасса достигала 15 – 30 %, а в августе 2003 г. – даже 82 % биомассы всего кормового зоопланктона. Если в 1999 – 2002 гг. ведущим представителем таксоцены ветвистоусых был *Pleopis polyphemoides*, то летом 2003 г. была отмечена вспышка развития *Penilia avirostris* (99 % биомассы кладоцер).

Относительно других представителей зоопланктонного сообщества можно отметить, что в октябре и ноябре 2000 и 2002 гг. существенную часть его биомассы (до 16 %) составляла аппендикулярия *Oikopleura dioica*. *Sagitta setosa* в незначительном количестве присутствовала с июня по декабрь и лишь в сентябре 2003 г. ее биомасса возросла до 140 мг/м² (7 % суммарной биомассы кормового зоопланктона).

Обсуждение. Сравнительный анализ полученных данных свидетельствует о том, что развитие всех основных групп кормового зоопланктона Севастопольской бухты контролируется их потребителем – *M. leidy*, однако не в такой степени, как это отмечалось в период, предшествующий появлению в планктоне *B. ovata* [15].

В отличие от 90-х годов, когда мнемипсис присутствовал в планктоне на протяжении всего года и достигал значительной биомассы (188 г/м²) уже в начале июня [15], в период 2000 – 2003 гг. массовое развитие этого гребневика в бухте наблюдалось в июле – сентябре (рис.1 В), при наибольших температурах поверхностной воды (рис.1 Г). В сентябре 2000 и июле 2002 и 2003 гг. увеличение биомассы

мнемипсиса до величин, составивших соответственно 229, 99 и 253 г/м², привело к резкому, но кратковременному падению биомассы кормового зоопланктона. По-видимому, биомассу мнемипсиса, равную примерно 100 г/м², можно рассматривать как критическую, при которой возможна элиминация его кормовой базы. Однако в 2001 г., несмотря на то, что биомасса мнемипсиса в начале августа достигла 1590 г/м², биомасса зоопланктона повысилась до 1782 мг/м² и лишь в середине августа она резко сократилась. Очевидно, это можно объяснить тем, что период развития *M. leidy* в этом году оказался очень коротким в связи с более ранним размножением *B. ovata* (рис.1 В).

Первое появление *B. ovata* у берегов Севастополя зарегистрировано нами в середине августа 1999 г. [16, 19]. Уже в сентябре – ноябре биомасса мнемипсиса не превышала 8 г/м², тогда как в 1995 г. она достигала 170 г/м². В 2000 г. развитие берое привело к еще более резкому сокращению популяции мнемипсиса, что сопровождалось значительным увеличением биомассы кормового зоопланктона, достигшей в декабре 2140 мг/м² (в основном за счет меропланктона).

Анализ сезонной динамики структуры зоопланктонного сообщества Севастопольской бухты в 1999 – 2003 гг. позволяет предположить, что с появлением *B. ovata* наметилась тенденция к восстановлению черноморской экосистемы, что проявляется в сбалансированном чередовании максимумов развития гребневиков *M. leidy*, *B. ovata* и кормового зоопланктона. Отметим, что уменьшение биомассы мнемипсиса и увеличение биомассы кормового зоопланктона наблюдалось во второй половине 90-х годов повсеместно от восточных до западных берегов Черного моря [7, 18, 23, 26], еще до появления в нем берое, что, по-видимому, было связано с уменьшением антропогенной нагрузки на экосистему, обусловленным спадом в экономике причерноморских государств. Однако, именно благодаря появле-

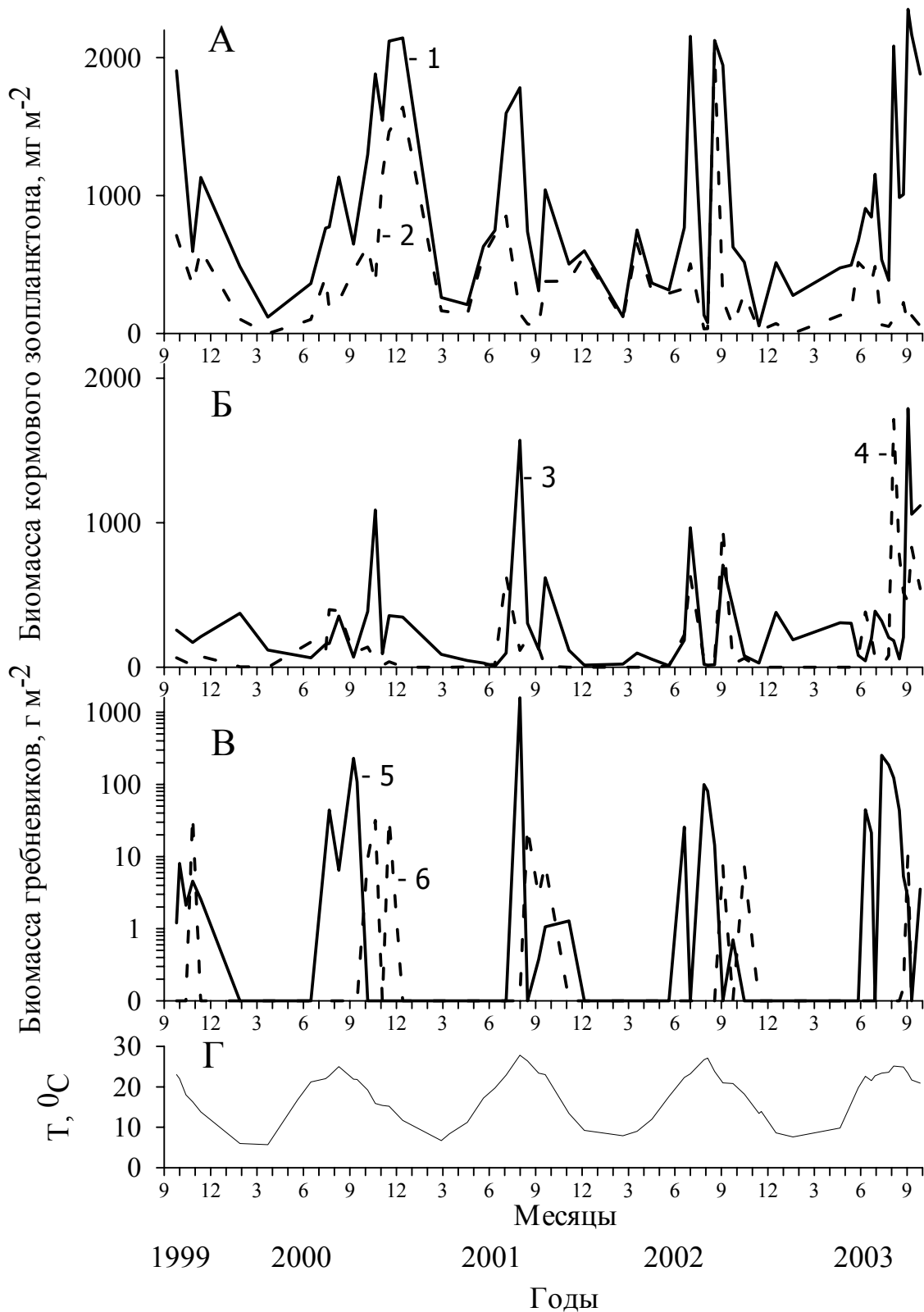


Рис. 1. Биомасса кормового зоопланктона (А, Б), гребневиков (В) и температура поверхностной воды (Г)
 1 - суммарный кормовой зоопланктон; 2 – меропланктон; 3 – Copepoda; 4 – Cladocera; 5 - *Mnemiopsis leidyi*;
 6 - *Beroe ovata*

Fig. 1. The biomass of fodder zooplankton (А, Б), ctenophores (В) and surface water temperature (Г)
 1 – total fodder zooplankton; 2 – meroplankton; 3 - Copepoda; 4 – Cladocera; 5 - *Mnemiopsis leidyi*; 6 - *Beroe ovata*

нию берег в Севастопольской бухте произошло значительное снижение среднегодовой биомассы мнемипсиса – с $119.5 \pm 41.5 \text{ г/м}^2$ в 1995 г. [15] до $21.9 \pm 16.9 \text{ г/м}^2$ в 2000 г., что обеспечило многократное (почти в 10 раз)

увеличение численности копепод в 2000 г. (рис. 2), особенно *Acartia*, а также *Paracalanus parvus* и *Centropages ponticus* (рис. 3), находившихся ранее на грани исчезновения [22].

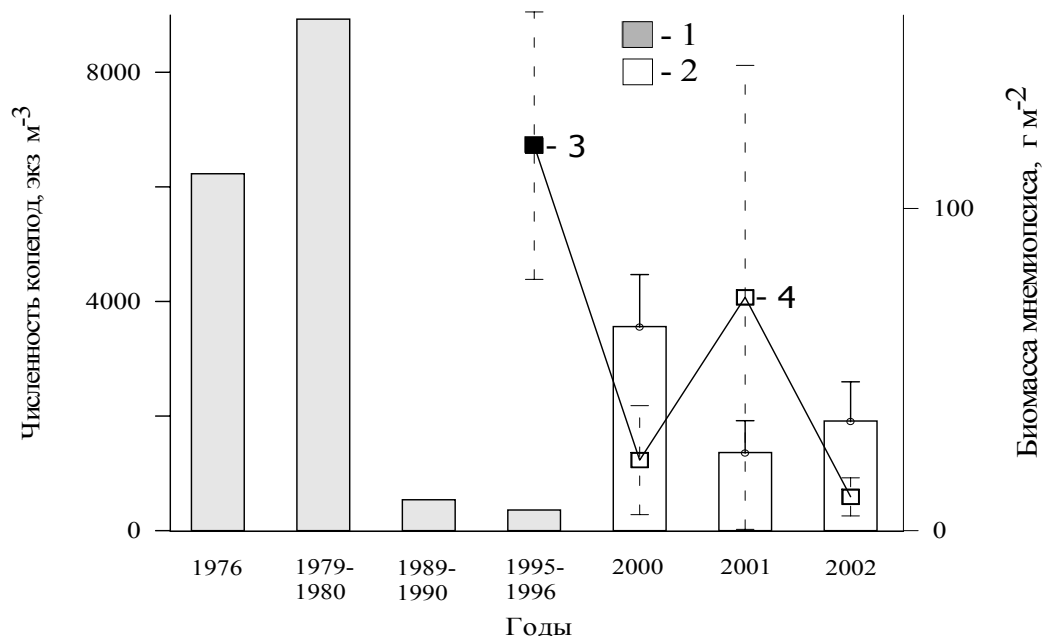


Рис. 2. Многолетние изменения суммарной численности копепод (1, 2) и биомассы *Mnemiopsis leidyi* (3, 4): 1 – [22]; 2, 4 – [наши данные]; 3 – [15]

Fig. 2. Long-term changes in Copepoda total number (1, 2) and *Mnemiopsis leidyi* biomass (3, 4): 1 – [22]; 2, 4 – [our data]; 3 – [15]

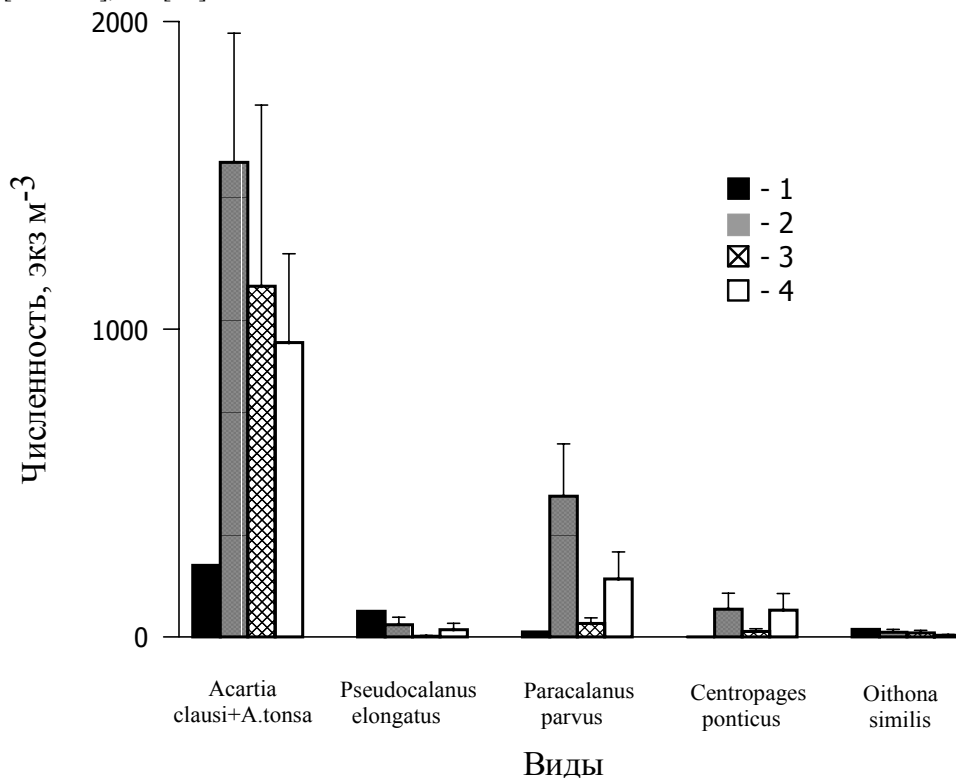


Рис. 3. Межгодовые изменения среднегодовой численности видов копепод: 1 – 1995 - 1996 г. г. [22]; 2, 3, 4 – 2000, 2001 и 2002 гг. [наши данные]

Fig. 3. Interannual changes in average annual abundance of Copepoda species 1 – 1995 – 1996 [22]; 2, 3, 4 – 2000, 2001, 2002 [our data]

Необходимо отметить возрастание доли stenothermic организмов. Так, на протяжении лета и осени 1999 – 2003 гг. доля теплолюбивых копепод *Centropages ponticus* постепенно повышалась от 6 до 20 %, а кладоцер *Penilia avirostris* – от 12.1 до 39.4 % биомассы

кормового зоопланктона. Среднегодовая численность планктонных ракообразных и меропланктона в 2000 г. возросла в 6.4 и 8.5 раз, по сравнению с 1998 г. и в 4.3 и 1.9 раза – по сравнению с 1999 г. (рис. 4).

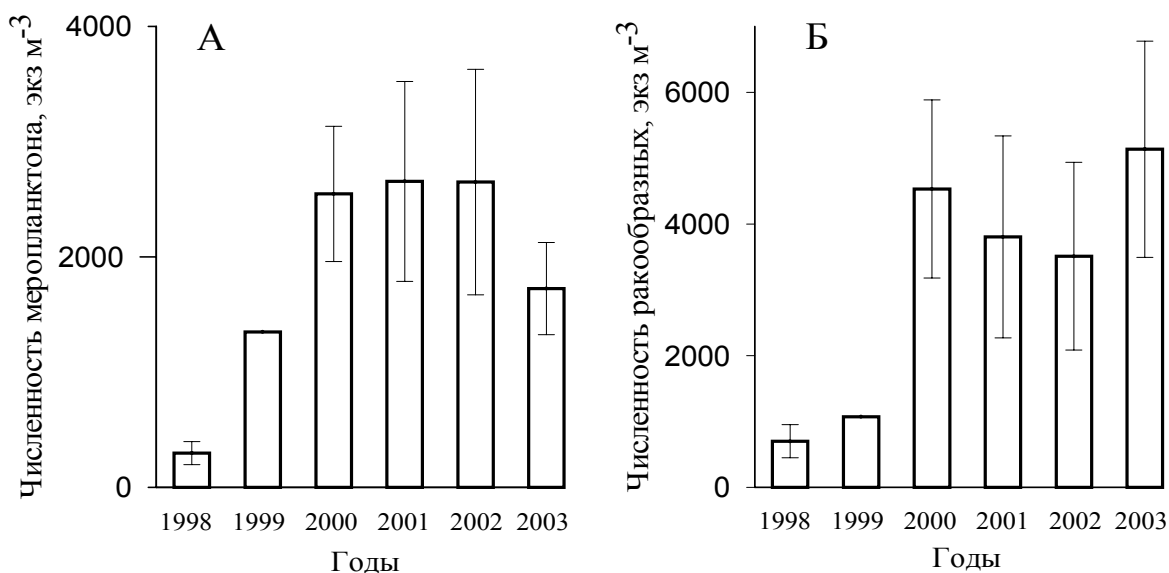


Рис. 4. Средняя численность меропланктона (А) и планктонных ракообразных (Б) в весенне-осенний период (май - сентябрь) 1998 г. – [21]; 1999 г. – [3]; 2000 – 2003 гг. – наши данные

Fig. 4. Average abundance of meroplankton (A) and planktonic crustaceans (Б) during spring-autumn period (May - September) 1998 – [21]; 1999 – [3]; 2000 – 2003 – our data

Аналогичная тенденция восстановления экосистемы в период 1999 – 2001 гг. отмечена в северо-восточной части Черного моря: сокращение плотности популяции *M. leidy*, срока его воздействия на экосистему и, как следствие, улучшение состояния кормового зоопланктона [2, 10, 18]. Следует отметить, что появление берега совпало с уменьшением загрязнения бухты биогенными элементами, тяжелыми металлами, пестицидами в 1998 – 1999 г. г. [13], что также могло способствовать восстановительным процессам в зоопланктонном сообществе.

Заключение. После появления в Черном море хищного гребневика *B. ovata* среднегодовая биомасса *M. leidy* в Севастопольской бухте в период 2000 – 2002 гг. снизилась в среднем в 3.5 раза, по сравнению с 1995 г.,

сократилась продолжительность его воздействия на зоопланктонное сообщество. В связи с этим, на фоне улучшения экологического состояния прибрежных вод Севастополя многократно увеличилась численность копепод и меропланктона, хотя и не достигла уровня относительно благополучных 70-х годов 20-го столетия. Для временной динамики зоопланктонного сообщества стало характерным чередование пиков развития кормового зоопланктона, потребляющего его *M. leidy* и *B. ovata*. В целом, приведенные данные свидетельствуют о стабилизации экосистемы на более высоком, чем в 90-е годы, продукционном уровне.

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке программы NATO LG EST.CLG.976805.

1. Беляева Н. В., Загородняя Ю. А. Зоопланктон Севастопольской бухты в 1981 - 1984 гг. // Экология моря. – 1988. – Вып. 29. – С. 77 – 84.
2. Виноградов М. Е., Шушкина Э. А., Востоков С. В. и др. Взаимодействие популяций гребневиков *Mnemiopsis leidyi* и *Beroe ovata* у Кавказского побережья Черного моря // Океанология. – 2002. – 42, № 5. – С. 693 – 701.
3. Гордина А. Д., Ткач А. В., Павлова Е. В. и др. Состояние ихтиопланктонных сообществ в Севастопольской бухте (Крым) в мае-сентябре 1998 и 1999 г. г. // Вопр. ихтиол. – 2003. – 43, № 2. – С. 184 – 193.
4. Губанова А. Д., Поликарпов И. Г., Сабурова М. А. и др. Многолетняя динамика мезозоопланктона в Севастопольской бухте (1976 – 1996) на примере *Sopropoda* // Океанология. – 2002. – 42, № 4. – С. 537 – 545.
5. Загородняя Ю. А., Ковалев А. В. Современное состояние зоопланктона прибрежных вод Черного моря у берегов Крыма // Наук. зап. Тернопільського держ. пед. ун-ту ім. В. Гнатюка. Сер.: Біологія, N 3 (14). – Спец. вип.: Гідроекотолія. – 2001. – С. 131 – 132.
6. Загородняя Ю. А., Скрябин В. А. Современные тенденции изменений зоопланктона в прибрежных районах Черного моря / Исследования шельфовой зоны Азово-Черноморского бассейна: Сб. науч. тр. МГИ НАН Украины, Севастополь. – 1995. – С. 87 - 95.
7. Игнатъев С. М., Зуев Г. В., Мельникова Е. Б. Многолетняя динамика состояния популяции гребневика *Mnemiopsis leidyi* Agassiz в районе Севастополя (Черное море) // Экология моря. – 2001. - Вып. 56. – С. 8 – 12.
8. Ковалев А. В. Сезонные изменения зоопланктона в Севастопольской бухте // Гидробиол. журн. – 1980. – 16, № 6. – С. 9 – 14.
9. Ковалев А. В., Губанова А. Д. Многолетняя динамика планктона Севастопольской бухты / Исследования шельфовой зоны Азово-Черноморского бассейна: Сб. науч. тр. МГИ НАН Украины, Севастополь. – 1995. – С. 96 – 99.
10. Лебедева Л. П., Шушкина Э. А., Виноградов М. Е. и др. Многолетняя трансформация структуры мезопланктона северо-восточного побережья Черного моря под воздействием гребневиков-вселенцев // Океанология. – 2003. – 43, № 5. – С. 710 – 715.
11. Мурина В. В. Мериопланктон // Планктон Черного моря. – Киев: Наук. думка, 1993. – С. 194 – 204.
12. Мурина В. В., Лисицкая Е. В., Аносов С. Е. Видовой состав мериопланктона как показатель экологической ситуации Севастопольской бухты / Акватория и берега Севастополя: экосистемные процессы и услуги обществу. – Севастополь: Аквавита, 1999. – С. 149 – 158.
13. Павлова Е. В., Овсяный Е. И., Гордина А. Д. и др. Современное состояние и тенденции изменения экосистемы Севастопольской бухты / Акватория и берега Севастополя: экосистемные процессы и услуги обществу. – Севастополь: Аквавита, 1999. – С. 70 – 95.
14. Петина Т. С. О среднем весе основных форм зоопланктона Черного моря // Тр. Севастоп. биол. ст. – 1957. – 9. – С. 39 – 57.
15. Финенко Г. А., Романова З. А. Популяционная динамика и энергетика гребневика *Mnemiopsis leidyi* в Севастопольской бухте // Океанология. – 2000. – 40, № 5. – С. 720 - 728.
16. Финенко Г. А., Романова З. А., Аболмасова Г. И. Новый вселенец в Черное море – гребневик *Beroe ovata* Brunguierie // Экология моря. - 2000. - Вып. 50. – С. 21 – 25.
17. Шадрин Н. В., Губанова А. Д., Попова Е. В. Долговременные изменения таксоценоза *Acartia* (*Sopropoda*) в Севастопольской бухте / Акватория и берега Севастополя: экосистемные процессы и услуги обществу. – Севастополь: Аквавита, 1999. – С. 159 - 167.
18. Шиганова Т. А., Мусаева Э. И., Булгакова Ю. В. и др. Гребневика вселенцы *Mnemiopsis leidyi* (A. Agassiz) и *Beroe ovata* Mayer 1912 и их воздействие на пелагическую экосистему северо-восточной части Черного моря // Известия АН. - Сер. биол. – 2003. - № 2. – С. 225 – 235.
19. Finenko G. A., Anninsky B. E., Romanova Z. A. et al. Chemical composition, respiration and feeding rates of the new alien ctenophore, *Beroe ovata*, in the Black Sea // Hydrobiologia. – 2001. – 451. – P. 177 – 186.
20. Finenko G. A., Romanova Z. A., Abolmasova G. I. et al. Population dynamics, ingestion, growth and reproduction rates of the invader *Beroe ovata* and its impact on plankton community in Sevastopol

- Bay, the Black Sea // J. Plankt. Res. – 2003. – **25**, No. 5. – P. 539 - 549.
21. Gordina A. D., Pavlova E. V., Ovsyany E. I. et al. Long-term changes in Sevastopol Bay (the Black Sea) with particular reference to the ichthyoplankton and zooplankton // Estuarine, Coastal and Shelf Science. – 2001. – **52**. – P. 1 - 13.
22. Gubanov A. D., Prusova I. Yu., Shadrin N. V. et al. Dramatic change in the Copepod community in Sevastopol Bay (Black Sea) during two Decades (1976 - 1996) // Senckenbergiana maritima. – 2001. - **31**, No. 1. – P. 17 - 27.
23. Kamburska L., Moncheva S., Konsulov A. et al. The invasion of *Beroe ovata* in the Black Sea a warning signal for ecosystem concern // Трудове на Института по океанология. – 2003. – **4**. – P. 111 – 123.
24. Kideys A. E. Fall and rise of the Black Sea ecosystem // Science. – 2002. - **297**. – P. 1482-1484.
25. Kideys A. E., Kovalev A. V., Shulman G. et al. A review of zooplankton investigations of the Black Sea over the last decade // J. Mar. Systems. – 2000. – **24**. - P. 355 – 371.
26. Prodanov K., Moncheva S., Konsulov A. et al. Recent ecosystem trends along the Bulgarian Black Sea coast //Трудове на Института по океанология. – 2001. – **3**. – P. 110 – 127.

Поступила 09 февраля 2004 г.

Zooplankton community state in Sevastopol Bay after the invasion of ctenophore *Beroe ovata* into the Black Sea (1999 – 2003). E. S. Hubareva, L. S. Svetlichny, Z. A. Romanova, G. I. Abolmasova, B. E. Anninsky, G. A. Finenko, L. Bat, A. Kideys. From September 1999 till September 2003 the studies of species composition, abundance and biomass of fodder and gelatinous (*Beroe ovata* и *Mnemiopsis leidyi*) zooplankton were carried out at permanent station near the outlet of Sevastopol Bay. Seasonal dynamics of fodder zooplankton biomass was characterized by summer-autumn and winter maximum values (up to 2.4 g/m²). Meroplankton and copepods constituted 42.8±4.0 and 32.0±3.4% of annual total fodder zooplankton biomass, respectively. After the appearance of predator ctenophore *B. ovata* in Sevastopol Bay, mean annual biomass of *M. leidyi* decreased 3.5 times in comparison with 1995, the duration of *M. leidyi* impact on zooplankton community reduced. As a result, the abundance of copepods and meroplankton significantly increased indicating recovering processes in the ecosystem.

Key words: the Black Sea, Sevastopol Bay, zooplankton, *Mnemiopsis leidyi*, *Beroe ovata*, abundance, biomass, long-term fluctuation

Стан зоопланктонного угруповання Севастопольської бухти після вселення реброплава *Beroe ovata* у Чорне море (1999 – 2003 рр.). О. С. Губарева, Л. С. Светличный, З. А. Романова, Г. І. Аболмасова, Б. Є. Аннінський, Г. А. Фіненко, Л. Бат, А. Кідейс. У період з вересня 1999 по вересень 2003 р. на постійній стації у гирлі Севастопольської бухти досліджували динаміку видового складу, чисельності та біомаси харчового та желетілого зоопланктону (*Beroe ovata* та *Mnemiopsis leidyi*). Сезонна динаміка біомаси харчового зоопланктону характеризувалася двома максимумами - влітку та взимку, і досягала 2.4 г/м². Головний внесок у біомасу харчового зоопланктону був за рахунок меропланктону та копепод (42.8±4.0 и 32.0±3.4% середньорічної біомаси, відповідно). Після появи у Севастопольській бухті хижого реброплава *B. ovata* середньорічна біомаса реброплава *M. leidyi* зменшилася у середньому у 3.5 рази порівняно з 1995 р., та скоротився термін негативного впливу мнеміопсису на зоопланктонне угруповання. У зв'язку з цим, на фоні покращання екологічного стану прибережних вод біля Севастополя, у декілька разів збільшилася чисельність копепод та меропланктону.

Ключові слова: Чорне море, Севастопольська бухта, зоопланктон, *Mnemiopsis leidyi*, *Beroe ovata*, чисельність, біомаса, довгострокова мінливість