

АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР  
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ЮЖНЫХ МОРЕЙ им. А. О. КОВАЛЕВСКОГО

ISSN 0203-4646

# ЭКОЛОГИЯ МОРЕЯ

1871



29  
—  
1988

численность фитопланктона и отдельных видов водорослей с уровнями содержания азота и нефти в морской воде.

Анализ «отклика» отдельных водорослей на воздействие загрязнителей позволил сделать заключение о сходном типе «отклика» у мелких форм водорослей и различном у крупных. И только водоросль *S. bergonii* обнаруживает положительный «отклик» на добавки нефти. Эта водоросль, по-видимому, оказывается способной использовать нефть в качестве субстрата при фитоорганоτροφном питании.

На основании проведенных исследований могут быть сделаны рекомендации относительно допустимых величин сброса азота и нефти, которые должны производиться с учетом особенности сезонных изменений реакционной способности фитопланктона. Эти изменения связаны с различной устойчивостью фитопланктонных популяций весенних, летних и осенних периодов. Количество сбросов должно быть уменьшено в период вегетации фитопланктона, и прежде всего летней.

1. Богоров В. Г. Биологические сезоны полярного моря // Докл. АН СССР. — 1938. — 19, № 8. — С. 639—642.
2. Кустенко Н. Г. Влияние нефти на длительность вегетативной и репродуктивной фаз онтогенеза у двух видов диатомовых водорослей // Физиол. растений. — 1980. — 27. — Вып. 3. — С. 631—635.
3. Кустенко Н. Г. Влияние небольших концентраций нефти на сперматогонангии и ауксоспоры трех видов морских диатомовых водорослей // Океанология. — 1981. — 21. — Вып. 2. — С. 366—369.
4. Кустенко Н. Г., Подоляк Г. П. Влияние нефти на стадии клеточного цикла двух видов диатомовых водорослей // Биология моря. — Владивосток. — 1982. — № 5. — С. 67—69.
5. Максимов В. Н., Федоров В. Д. Методы математического планирования при отыскании оптимальных условий культивирования микроорганизмов. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1969. — 173 с.
6. Патин С. А. Влияние загрязнения на биологические ресурсы и продуктивность мирового океана. — М.: Пищ. пром-сть, 1979. — 297 с.
7. Федоров В. Д. О методах изучения фитопланктона и его активности. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1979. — 127 с.

Карадагское отделение  
Ин-та биологии юж. морей  
им. А. О. Ковалевского АН УССР  
Республиканская комплексная  
лаборатория Госкомприроды ГССР

Получено 12.02.87

N. G. KUSTENKO, N. O. IMNADZE

## THE EFFECT OF OIL AND NITROGEN ON PHYTOPLANKTON IN THE EASTERN COAST OF THE BLACK SEA

### Summary

Nitrogen nitrate and oil both taken separately and in combination were studied for their effect on the structure of phytoplankton in the eastern coast of the Black Sea during 1981-1982. Different resistance of phytoplankton community of various periods to one and the same amounts of toxicants is determined.

УДК 591.524.12(262.5)

Н. В. БЕЛЯЕВА, Ю. А. ЗАГОРОДНЯЯ

## ЗООПЛАНКТОН СЕВАСТОПОЛЬСКОЙ БУХТЫ В 1981—1983 гг.

Постоянный обмен вод Севастопольской бухты с открытым морем существенно ослаблял влияние загрязнения на качественные и количественные показатели планктонного населения. В настоящее время возникла необходимость систематического контроля за состоянием биоты бухты в связи с постройкой в 1977—1978 гг. молов у выхода на большой рейд и ограничением водообмена с открытым морем.

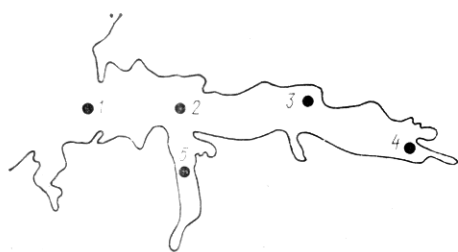


Рис. 1. Схема расположения станций в Севастопольской бухте

В 1981—1983 гг. на 5 постоянных станциях, расположенных в разных участках Севастопольской бухты, осуществляли ежемесячный сбор планктона сетью Джели с диаметром входного отверстия 36 см и с мельничным газом № 49 (рис. 1). На четырех станциях проводились вертикальные ловы в слое 0—10 м, на мелководной ст. 4 — в слое 0—3 м. В камере Богорова обработаны 140 проб по общепринятой методике. Для расчета биомассы исполь-

зовали стандартную массу планктонных животных [7]. Данные об уровне загрязнения в бухте получены в лаборатории гидрохимии Севастопольского отделения Государственного океанографического института Госкомгидромет СССР, соответствующие расчеты по этим данным были выполнены авторами.

В зоопланктоне бухты встречено 7 видов массовых в Черном море копепоид: *Calanus helgolandicus* Claus, *Pseudocalanus elongatus* Boeck, *Paracalanus parvus* Claus, *Acartia clausi* Giesbr., *Centropages ponticus* Karaw., *Oithona similis* Claus, *Oithona nana* Giesbr. *A. clausi* представлена двумя формами: «большой», характерной в основном для открытого моря, и «малой», обитающей только в прибрежье. Наряду с указанными типично морскими формами по всей акватории бухты встречался солоноватоводный вид *Calanipeda aquae dulcis* Krisczagin на всех стадиях развития. При исследованиях 1976 г., до постройки мола (Ковалев, устное сообщение), этот вид лишь однажды был обнаружен в устьевой части бухты и считался характерным только для ее распресненного участка. Возможно, постройка мола способствовала уменьшению водообмена с открытым морем, и в бухте создались условия, благоприятные для солоноватоводного *C. aquae dulcis*. Наиболее высокая численность этого вида отмечена во второй половине года, в период его интенсивного размножения [4]. Обычные для Черного моря обитатели поверхностного слоя воды, относящиеся к сем. Pontellidae, так же, как и в материалах 1976 г. [3], не были обнаружены. Нередко в пробах встречались представители подотряда Harpacticoida, видовая принадлежность которых не определялась.

Из других групп зоопланктона отмечены: простейшие — *Noctiluca miliaris* Sur., коловратки (в основном представлены родом *Synchaeta*), кладоцеры — *Pleopis polyphemoides* Leuck и *Penilia avirostris* Dana, туникаты — *Oicopleura dioica* Fol., хетогнаты — *Sagitta setosa* Müll, ктенофоры — *Pleurobrachia rhodopis* Chun. *P. rhodopis* является холодолюбивым видом, редко встречался на ст. 1 зимой. Значительную долю численности зоопланктона на протяжении года составляли личинки полихет, моллюсков и усоногих раков.

Летом общее число видов зоопланктона уменьшалось на ст. 4 и 5 по сравнению со ст. 1 (рис. 2). В холодное время года, когда усиливалась ветровая деятельность, способствующая улучшению водообмена с открытой частью моря, число видов планктона было одинаковым.

Преобладающей формой по численности в бухте была *A. clausi*, тогда как в неритической части моря доминировала *O. nana* [2]. Другие формы: ноктилюка, коловратки, *O. nana*, науплиусы *Cirripedia*, а на ст. 4 — *C. aquae dulcis* и личинки полихет, хотя и достигали на отдельных станциях 50% общей численности зоопланктона, однако это было кратковременным увеличением в период массового размножения.

На ст. 1 и 2 зимой 1981 и 1982 гг. (рис. 3) наблюдалась сходная картина распределения копепоид по процентному содержанию *A. clausi* и *O. nana*, а также по более высокой доли численности холодолюбивых форм и изменению видового состава копепоид в направлении более рав-

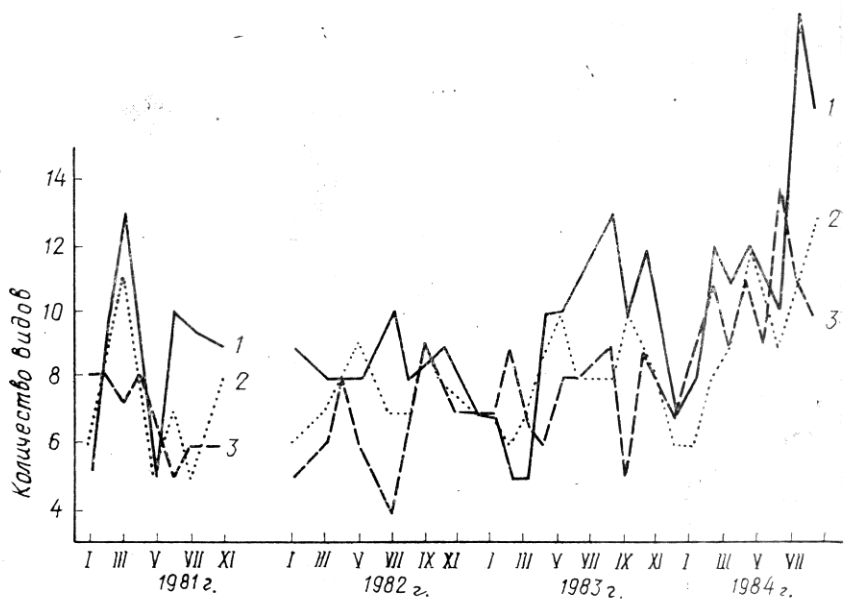


Рис. 2. Изменение числа видов в зоопланктоне Севастопольской бухты в 1981—1983 гг.:

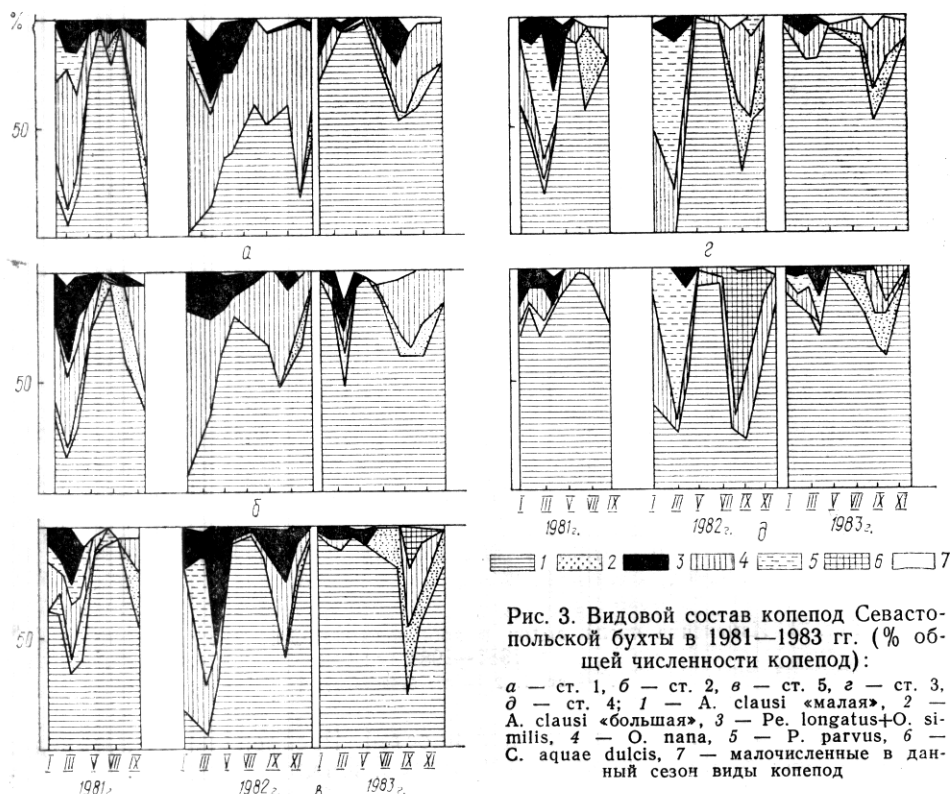
1 — ст. 1, 2 — ст. 5, 3 — ст. 4

номерного распределения их численностей. Распределение копепод на ст. 3—5 несколько отличалось и характеризовалось более высоким процентным содержанием *A. clausi* и меньшим *O. paup* и холодолюбивых форм, при этом количество *P. ragvus* в суммарной численности копепод возрастало. В 1983 г. существенных различий в качественном составе копепод на станциях не обнаружено, причем акарция сохраняла доминирующее положение на протяжении года.

Численность и биомасса зоопланктона возрастали с 1981 по 1983 г. (табл. 1). Среднегодовая температура, рассчитанная нами по материалам ежедневных наблюдений гидрометеостанции у Павловского мыса, мало отличалась в 1981—1982 гг., в то время как в 1983 г. она была ниже на  $0,5^{\circ}$ , и это могло быть одной из причин более высокого уровня развития планктона в 1983 г., поскольку известно, что максимум численности акарции, которая была доминирующей формой в планктоне бухты, обычно соответствует минимальным среднегодовым температурам [1].

Сравнение дисперсий среднегодовых величин биомассы по критерию Фишера с последующим сравнением средних по критерию Стьюдента в случаях, когда дисперсии отличались незначимо, и по приближенному критерию Стьюдента, если они отличались значимо [5], показало достоверное отличие ( $P=95\%$ ) среднегодовых величин биомассы в 1983 г. от соответствующих величин 1982 г. на ст. 1, 1981 г. на ст. 2 и 3, и при более низком уровне значимости ( $P=80\%$ ) на ст. 5 в 1981—1982 гг. Различия в среднегодовых величинах биомассы на ст. 4 на протяжении трех лет недостоверны.

За период исследований среднегодовые величины численности и биомассы зоопланктона в Севастопольской бухте были близки к таковым в перитической части моря в районе Севастополя [2]. Сравнение количественных показателей зоопланктона на отдельных станциях показало, что более высокие средние величины численности отмечены в глубине бухты на ст. 4 и 5, а биомассы на ст. 2 и 5. Увеличение численности и биомассы зоопланктона в южной части бухты (ст. 5) происходило за счет летней вспышки развития *A. clausi* — формы с широкой экологической валентностью. В устьевой части — на ст. 1 — эти пока-



затели были ниже. Статистический анализ данных показал достоверное ( $P=95\%$ ) различие между величинами биомассы на ст. 1 и 4. Возможно, это связано со сбором материала на ст. 4 только в слое 0—3 м. Различия между остальными станциями бухты статистически незначимы.

Для выяснения пространственной изменчивости рассматриваемых показателей рассчитана автокорреляционная функция для биомассы зоопланктона (табл. 2). Коэффициент корреляции уменьшался по мере продвижения в глубь бухты. Неожиданным оказался высокий коэффициент корреляции между ст. 1 и 4, что свидетельствует о высокой сопряженности изменений биомасс. Возможно, это объясняется синхронностью сезонных изменений.

Коэффициент корреляции между биомассами зоопланктона на станциях внутри бухты (использован метод попарных сравнений) изменялся следующим образом: высоким он был на ст. 2 и 5 ( $r=0,80$ ), значительно ниже на ст. 2 и 3 ( $r=0,49$ ); практически нет связи между ст. 5 и 3 ( $r=0,39$ ) и ст. 3 и 4 ( $r=0,33$ ). Высокая сопряженность изменений биомасс зоопланктона на ст. 1 и 2, а также 2 и 5, возможно, объясня-

Таблица 1. Среднегодовые величины численности (Ч, экз·м<sup>-3</sup>) и биомассы (Б, мг·м<sup>-3</sup>) зоопланктона по акватории Севастопольской бухты

| Станция | 1981 г. |       | 1982 г. |       | 1983 г. |       | Среднее |       |
|---------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|
|         | Ч       | Б     | Ч       | Б     | Ч       | Б     | Ч       | Б     |
| 1       | 8561,4  | 137,9 | 10572,0 | 97,4  | 27018,0 | 336,2 | 15383,8 | 190,5 |
| 2       | 7332,2  | 109,0 | 16559,2 | 291,6 | 29712,4 | 404,0 | 17267,9 | 268,2 |
| 3       | 5840,9  | 89,4  | 15155,6 | 260,1 | 20665,8 | 319,1 | 13887,4 | 222,8 |
| 4       | 15915,5 | 155,3 | 23124,6 | 215,7 | 27459,7 | 332,2 | 22166,6 | 234,4 |
| 5       | 10145,4 | 91,9  | 19222,0 | 131,1 | 47956,5 | 579,8 | 25774,6 | 267,6 |
| Среднее | 9559,1  | 116,7 | 16926,7 | 199,2 | 30562,5 | 394,1 | 19016,1 | 236,7 |

ется распространением планктона в бухте в результате водообмена с открытым морем в основном в пределах этих станций. На остальных станциях сопряженность в изменении биомасс невысока, что, по-видимому, объясняется более слабым водообменом с устьевой частью бухты.

Коэффициент вариации, позволяющий оценить степень изменчивости количественного развития зоопланктона на отдельных станциях, оказался высоким и изменялся от 98 до 207% (табл. 2). Максимальным он был в южной части, что свидетельствует о наименьшей сбалансированности здесь планктонного сообщества. Анализ показателей пространственной изменчивости количественного развития зоопланктона в Севастопольской бухте не выявил различий между величинами биомассы зоопланктона на станциях. Сопоставление показателей временной изменчивости показало на большинстве станций достоверно более высокие величины в 1983 г.

Сравнивая количественное развитие отдельных групп животных, следует отметить значительное преобладание на ст. 4 личинок полихет (различие статистически достоверно,  $P=95\%$ ), а на ст. 5 — науплиусов, баянусов (различие достоверно при более низком уровне значимости,  $P=80\%$ ). При исследовании временной изменчивости развития этих групп животных, в целом, просматривается та же тенденция, что и в развитии всего зоопланктона, т. е. увеличение их общего количества с 1981 по 1983 г.

Летом, когда ветровая деятельность уменьшается и соответственно должно снижаться перемешивание внутри бухты, наблюдаются наибольшие различия в качественном составе зоопланктона по акватории бухты. На примере одной из съемок (август, 1983 г.) показано, как изме-

Таблица 2. Статистические показатели изменчивости биомассы зоопланктона в Севастопольской бухте в 1981—1983 гг.

| Станция | Коэффициент корреляции | Коэффициент вариации, % |
|---------|------------------------|-------------------------|
| 1       | 1,0                    | 119                     |
| 2       | 0,68                   | 138                     |
| 3       | 0,25                   | 98                      |
| 4       | 0,97                   | 143                     |
| 5       | 0,46                   | 207                     |

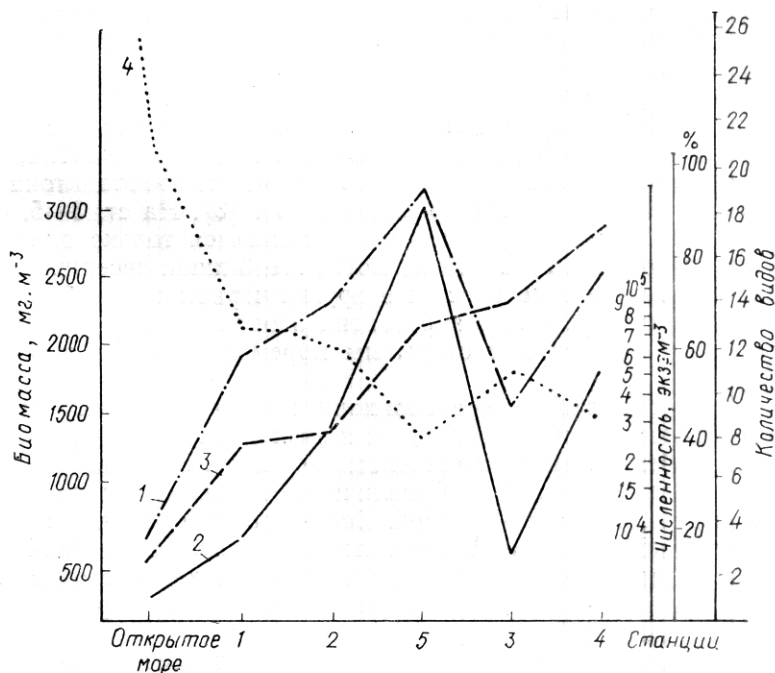


Рис. 4. Количественные показатели зоопланктона Севастопольской бухты и открытого района Черного моря:

1 — численность, 2 — биомасса, 3 — доминирование *A. clausi* (%), 4 — количество видов



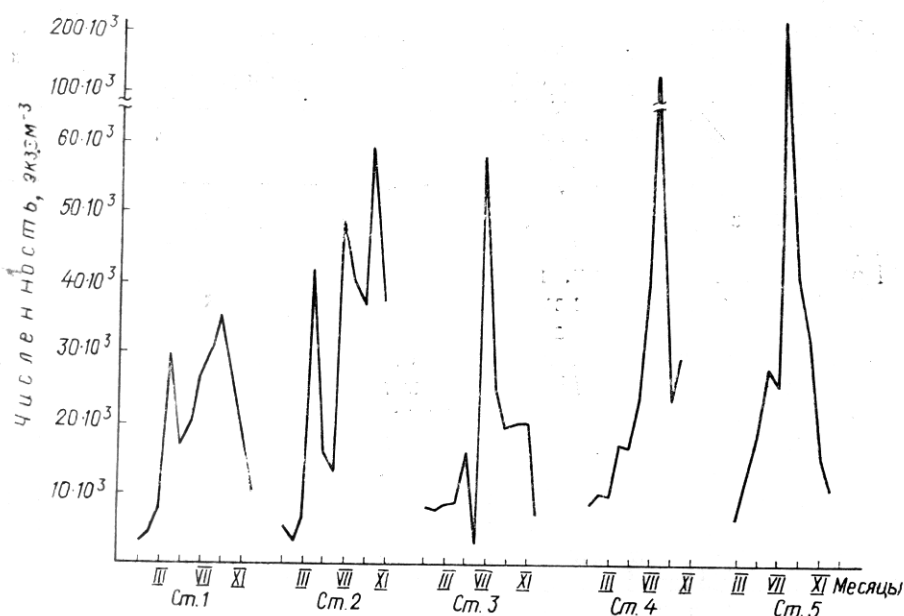


Рис. 5. Сезонные изменения численности зоопланктона на разных станциях Севастопольской бухты (усредненные данные за 1981—1983 гг.)

нялись по акватории бухты число видов, концентрация зоопланктона и степень доминирования *A. clausi* по сравнению с открытым морем (рис. 4). Для сравнения на рисунке приведены те же средние показатели для поверхностного слоя центральной части Черного моря по материалам 9-го рейса нис «Профессор Водяницкий». Численность и биомасса зоопланктона, а также процент *A. clausi* общей биомассы зоопланктона возрастали с увеличением загрязнения, при этом общее число видов зоопланктона уменьшалось. Такая обратная зависимость между рассматриваемыми показателями обычно характерна для бухт и загрязненных районов.

В сезонном развитии зоопланктона (осредненные данные за три года) на ст. 1 наблюдалось два максимума численности: весенний — в апреле и осенний — в сентябре (рис. 5). Подобная картина двухвершинного годового хода численности и биомассы зоопланктона отмечалась и ранее в устье Севастопольской бухты [3]. На ст. 3—5, расположенных в глубине бухты, четко просматривается только один очень высокий пик летом. На ст. 2 наблюдаются все 3 пика: весенний, летний и осенний, что также отмечалось и в других черноморских бухтах [6]. Увеличение количества пиков в развитии зоопланктона в прибрежной части бухты по сравнению с открытым морем отмечалось и в других морях [8].

Весной и осенью биомасса зоопланктона на отдельных станциях бухты различалась меньше, чем летом и зимой (табл. 3). Однако из-за большой вариабельности количественных показателей проведенный статистический анализ показал, что различия достоверны только для ст. 1 и 5 летом и для ст. 3 и 4 — зимой. Более высокие величины на ст. 5 вызваны вспышкой развития *A. clausi* летом. В целом средние величины биомассы зоопланктона в бухте весной и зимой ниже, а летом и осенью выше величин, приведенных для неритической части Черного моря в районе Севастополя [2].

Для выявления влияния загрязнения на количественное развитие зоопланктона были рассчитаны коэффициенты корреляции между средними годовыми величинами численности и биомассы зоопланктона и количеством нефти, детергентов и ядохимикатов на каждой станции бухты на протяжении трех лет. При том уровне загрязнения, который

Таблица 3. Сезонные изменения биомассы зоопланктона (мг·м<sup>-3</sup>) в Севастопольской бухте в 1981—1983 гг.

| Станция | Весна       | Лето         | Осень        | Зима        |
|---------|-------------|--------------|--------------|-------------|
| 1       | 277,19±77,9 | 302,3± 63,0  | 224,6 ± 69,4 | 25,19± 5,8  |
| 2       | 267,07±64,1 | 686,12±164,2 | 330,03±126,2 | 25,56± 5,0  |
| 3       | 169,46±53,6 | 388,06±122,8 | 252,7 ± 97,1 | 102,11±30,8 |
| 4       | 181,96±41,7 | 590,57±155,1 | 235,7 ± 57,4 | 88,58±21,3  |
| 5       | 143,99±30,1 | 958,38±404,2 | 226,24± 58,8 | 70,39±34,0  |
| Среднее | 209,7 ±53,5 | 585,1 ±181,9 | 253,8 ± 81,8 | 62,3 ±19,5  |

наблюдался в период исследований, не удалось установить прямой корреляционной зависимости между концентрацией каждого показателя загрязнения в отдельности и количественным развитием планктона в бухте, что, по-видимому, связано с преобладанием межгодовых колебаний численности и биомассы зоопланктона над возможными изменениями под влиянием загрязнения. Последующий анализ, проведенный отдельно по каждому сезону, когда для расчетов использовали материалы, собранные на всех станциях бухты в этот сезон, также не показал четких зависимостей. Коэффициенты корреляции были крайне низкими, как положительными, так и отрицательными. По-видимому, значительные колебания биомассы зоопланктона в бухте в течение одного сезона и на протяжении нескольких лет нивелируют влияние загрязнения на количественное развитие зоопланктона. Анализ данных отдельно для каждого года показал, что колебания численности и биомассы зоопланктона больше зависят от сезонных изменений, чем от уровня загрязнения в бухте.

Таким образом, исследования хотя и не выявили прямой корреляционной зависимости между количеством зоопланктона в Севастопольской бухте и уровнем загрязнения, однако обнаружили некоторые изменения структуры планктонного сообщества летом. Зимой, вследствие усиления ветровой деятельности и улучшения водообмена с открытой частью моря, численность, биомасса и количество видов зоопланктона на отдельных станциях бухты различались незначительно. Наиболее высокие численность и биомасса зоопланктона наблюдались летом в глубине бухты за счет массового развития *A. clausi*. После постройки мола у входа в Севастопольскую бухту солоноватоводная копепода *S. aquae dulcis* распространилась по всей акватории бухты, достигая в устьевой части 10—100 экз.·м<sup>-3</sup>.

1. Грезе В. Н., Балдина Э. П., Билева О. К. Динамика численности и продукции некоторых копепод Черного моря // Биологические исследования Черного моря и его промысловых ресурсов. — М.: Наука, 1968. — С. 60—63.
2. Грезе В. Н., Балдина Э. П., Билева О. К. Динамика численности и продукции основных компонентов зоопланктона в неритической зоне Черного моря // Биология моря. — 1971. — Вып. 24. — С. 12—48.
3. Ковалев А. В. Сезонные изменения зоопланктона в Севастопольской бухте // Гидробиол. журн. — 1980. — 16, № 6. — С. 9—14.
4. Ковалев А. В., Светличный Л. С. Количественные характеристики микрозоо- и мезопланктона в прибрежной зоне Азовского моря. — Севастополь, 1986. — 11 с. Рукопись деп. в ВИНТИ № 1502—В 86.
5. Парчевская Д. С. Статистика для радиоэкологов. — Киев: Наук. думка, 1969. — 114 с.
6. Пастернак А. Ф. Сезонная динамика численности и биомассы зоопланктона у побережья Северного Кавказа // Сезонные изменения черноморского планктона. — М.: Наука, 1983. — С. 139—201.
7. Петипа Т. С. О среднем весе основных форм зоопланктона Черного моря // Тр. Севастоп. биол. станции. — 1957. — Т. 9. — С. 39—57.
8. Симм М. А. Фаунистико-экологическая характеристика зоопланктона Пярнуской бухты и основные закономерности его сезонной динамики: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Таллин, 1976. — 32 с.



ZOOPLANKTON OF THE SEVASTOPOL BAY IN 1981—1983

Summary

Zooplankton of the Sevastopol Bay has been studied after construction of pier which limits its water exchange with the open sea. The composition and quantity of zooplankton depend to a great extent on the season than on the pollution level. In winter abundance, biomass and quantity of zooplankton species in the bay differ insignificantly due to intensification of wind activity and an increase of water exchange with the open part of the sea. After construction of pier near the entrance into the Sevastopol bay saltish-water copepod *Calanipeda aquae dulcis* have spread along the whole water area of the bay. Total quantity of species, abundance and biomass of zooplankton as well as percentage of *Acartia clausi* at stations differ in summer when the wind activity abates and anthropogenic action increases. Higher quantity and biomass of zooplankton are observed in the southern part of the bay due to mass development of *A. clausi*.